



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Arbeit

"Psychologisch-diagnostisches Verfahren zur
Messung von Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit
und Simultankapazität"

Verfasser

Roland Enzinger

Angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im September 2011

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: Univ.-Prof. Mag. Dr. Klaus Kubinger

Abstrakt

Die vorliegende Diplomarbeit beschäftigt sich mit der theoretischen Konzeption, Operationalisierung, Verrechnung, Umsetzung, Eichung und Validierung eines eigens erstellten, computerisiert vorgegebenen psychologisch-diagnostischen Verfahrens zur Messung der Konstrukte Auge-Hand-Koordination und Simultankapazität. Die Verfahrensform Auge-Hand-Koordination, die über die örtliche Fehlleistung einer sensomotorischen Aufgabe operationalisiert wird, bildet gleichzeitig die Grundaufgabe der Verfahrensform Simultankapazität, die wiederum über einen kombinierten Wert erfasst wird. Jene Verschlechterung einer Aufgabenbearbeitung, die durch parallele Bearbeitung einer weiteren Aufgabe entsteht und allgemein als Kosten simultaner Bearbeitung bezeichnet wird, bildet die Grundlage der Operationalisierung der Simultankapazität.

Das eigens programmierte Verfahren wurde an einer Eichstichprobe normiert und zudem, aufgrund theoriegeleiteter Aspekte klinischer Störungsbilder, hinsichtlich einer Validierung zwei klinischen Stichproben vorgegeben.

In einer finalen Version könnte das Verfahren in der Selektionsdiagnostik zum Einsatz kommen, primär für Berufsbilder, in denen eine stark ausgeprägte sensomotorische Koordinationsleistung benötigt wird oder wo es von Vorteil ist, mehrere Aufgaben unterschiedlicher Modalitäten zeitgleich bearbeiten zu können.

Im klinischen Bereich könnte das Verfahren durch die differenzierte Ausgabe von Kennwerten der erfolgten Aufgabenbearbeitungen unterschiedlicher Sinnesmodalitäten einen Beitrag zur Beschreibung des Ausmaßes einer Beeinträchtigung leisten. Ein Trainingsmodus der sensomotorischen Fähigkeit wurde in das Programm integriert und könnte zur Übung und Stärkung der Auge-Hand-Koordination im klinischen Kontext herangezogen werden.

Die Prüfung der Gütekriterien des Verfahrens kann als zufriedenstellend angesehen werden, wobei das Verfahren sicherlich von einer Vergrößerung der Eichstichprobe profitieren würde.

Abstract

The present thesis is concerning the theoretical conception, operationalization, accounting, realization, calibration and validation of a self-created, computer-based psychological measurement tool and is concentrating on the constructs eye-hand-coordination and simultaneous capacity. One part of the measurement tool, named eye-hand-coordination, which is operationalized through a space-concerning error of performance of a sensomotor task, is also the base task of the other part of the measurement tool, named simultaneous capacity. This part of the tool is operationalized through a combination of measured values. The base for this combined value is the decline of performance in one task caused by a simultaneously processed second task. This decline is well known as the cost of simultaneous executed tasks.

The self-programmed measurement tool was standardized on a calibration sample and, based on theoretical aspects of clinical disorders, was also presented to a clinical sample for validation.

In a final version this tool could come to use in selection diagnostics, primary for occupational images where a strongly pronounced sensomotor performance is essential or where there is a demand for processing several tasks of different sensory modalities at the same time.

In a clinical context the tool could make a contribution on describing the degree of impairment based on differentiated variables of processed tasks in diverse sensory modalities. A training-mode is added to the measurement tool to provide the possibility of practicing and strengthening eye-hand-coordination in a clinical context.

The verification of psychological quality criteria can be considered as satisfactory, whereas the tool would surely benefit from an enlargement of the calibration sample.

Danksagung

Zu Beginn bedanke ich mich bei Univ. Prof. Mag. Dr. Kubinger für die Betreuung, das von ihm ausgesprochene Vertrauen und das zur Verfügung gestellte Expertenwissen.

Weiters gilt mein Dank Mag. Dr. Prieler, der mich während der kompletten Testerstellung sowie während der Erstellung der Diplomarbeit betreut hat und mir mit Tipps und Ideen stets hilfreich zur Seite stand.

Zudem bedanke ich mich bei Prim. Dr. Gaugeler und Dr. Salem für die Ermöglichung der Testung im Krankenhaus der Diakonie Kärnten in Waiern sowie bei Dr. Oberleitner und Ihrem Team für die ausgesprochen nette und hilfsbereite Betreuung während der Testungen.

Besonderer Dank gebührt Sigrid Kundela, der Gründerin der Selbsthilfegruppe für Schädel-Hirn-Trauma Wien, sowie den wirklich engagierten und motivierten Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Selbsthilfegruppe, die sich in großem Ausmaß für eine Testung zur Verfügung gestellt haben und mit großem Interesse mitgewirkt haben.

Nicht zuletzt bedanke ich mich ganz besonders bei Mag. Katharina Hansl, die mir während meines ganzen Studiums und während der Diplomarbeitsphase ihre emotionale Unterstützung zuteil werden lies sowie bei meinen Eltern, die für das finanziell sorgenfreie Studium verantwortlich zeichnen und mir stets mit großem Verständnis und viel Unterstützung zur Seite gestanden sind.

Lena Hafner gebührt mein Dank für die Erstellung einiger Computergrafiken. Weiters bedanke ich mich bei zahlreichen Freunden und Bekannten für erbrachte Hilfestellungen bei der Programmierung, bei der Korrektur der Diplomarbeit sowie für wertvolle wissenschaftliche Hinweise.

Inhaltsverzeichnis

I	Einleitung	1
II	Theoretischer Teil	3
1	Auge-Hand-Koordination	3
1.1	Einleitung und Definition	3
1.1.1	Begriffliche Einführung	3
1.1.2	Sensomotorik	3
1.1.3	Auge-Hand-Koordination	4
1.1.4	Arten von Informationen	4
1.2	Beschreibung	4
1.2.1	Phasen zielgerichteter Bewegung	4
1.2.2	Funktionsweise	6
1.2.3	Robustheit	7
1.2.4	Führungsverhalten	7
1.3	Augen als "Sklaven"	7
1.4	Hände als "Sklaven"	8
1.5	Conversion-on-Demand	8
1.6	Auge-Hand-Koordination bei bewegten Objekten	9
1.6.1	Threshold-distance Modell	9
1.6.2	Threshold- \mathcal{T} Modell	10
1.6.3	Antizipation zukünftiger Bewegungen	10
1.7	Auge-Hand-Koordination im Alter	11
1.8	Geschlechtsunterschiede in der Auge-Hand-Koordination	12
1.9	Auge-Hand-Koordination in der Neuropsychologie	12
2	Simultankapazität/Multitasking	12
2.1	Definition	12
2.2	Kategorisierung	13
2.3	Ressourcenspezifität	13
2.3.1	Modell einer spezifischen Ressource	14
2.3.2	Modell multipler Ressourcen	14
2.4	Reaktions-Auswahl Flaschenhals	17
2.5	Simultankapazität im Alter	18
2.6	Simultankapazität, Depression und Alzheimer	19
III	Empirischer Teil	21
3	Untersuchungsziel und Hypothesenformulierung	21

4	Beschreibung des Verfahrens	23
4.1	Verfahrenserstellung und Komponenten der Entwicklung	23
4.2	Kurze Einführung des Verfahrens	23
4.3	Verfahrensvorgabe	24
4.4	Verfahrensformen	25
4.4.1	Auge-Hand-Koordination	25
4.4.2	Simultankapazität	26
4.4.3	Übungsmodus	27
5	Aufgabenbeschreibungen	28
5.1	Sensomotorische Aufgabe (Grundaufgabe)	28
5.2	Aufgabentypen der Simultankapazitätsmessung	28
5.2.1	Visuell-motorische Aufgabe	28
5.2.2	Visuell-akustisch-kognitiv-motorische Aufgabe	29
5.2.3	Logisch-motorische Aufgabe	30
5.3	Aufgabenseparierung	30
5.3.1	Auge-Hand-Koordination	31
5.3.2	Simultankapazität	31
6	Aufgabenanalyse vor Datenerhebung (Distraktorenanalyse)	31
7	Anwendungsgebiete	33
7.1	Allgemein	33
7.2	Potentieller Nutzen für die Neuropsychologie	33
7.3	Potenzieller Nutzen für die Verkehrspsychologie	34
7.4	Depression	34
8	Adaptiver Algorithmus	34
8.1	Beschreibung der adaptiven Geschwindigkeitsanpassung	34
8.2	Beschreibung der adaptiven Kreisgrößenanpassung	36
8.3	Algorithmus zur Feststellung der "optimalen" Geschwindigkeit	37
8.4	Algorithmus zur Feststellung des "optimalen" Radius	38
8.5	Charakterisierung des Algorithmus	38
9	Operationalisierung	39
9.1	Auge-Hand-Koordination	39
9.2	Simultankapazität	40
10	Verrechnung und Kennwerte	41
10.1	Auge-Hand-Koordination	41
10.1.1	Hauptkennwert Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit (AHK)	41
10.1.2	Nebenkennwerte	43
10.2	Simultankapazität	46
10.2.1	Kennwerte	46

10.2.2	Index Simultankapazität	48
10.2.3	Nebenkennwerte	49
11	Datenerhebung	51
11.1	Vortest	51
11.2	Eichstichprobe	51
11.3	Krankenhaus Waiern	51
11.4	Selbsthilfegruppe Schädel-Hirn-Trauma	52
12	Datenauswertung und Hypothesenprüfung	53
12.1	Verwendete Programme	53
12.2	Deskriptive Statistik der Stichproben	53
12.2.1	Eichstichprobe	53
12.2.2	Klinische Stichprobe Waiern	53
12.2.3	Klinische Stichprobe Selbsthilfegruppe für Personen mit Schädel- Hirn-Trauma	53
12.3	Deskriptive Statistik der Verfahrenskennwerte	54
12.3.1	Normalverteilung	54
12.3.2	Interkorrelationen der Kennwerte	55
12.4	Überprüfung der Hypothesen	56
12.4.1	Hypothese 1: Computererfahrung	56
12.4.2	Hypothese 2: Händigkeit	56
12.4.3	Hypothese 3: Alter	58
12.4.4	Hypothese 4: Geschlecht	58
12.4.5	Hypothese 5: Unterschiede in den Stichproben	60
12.4.6	Hypothese 6: Zusammenhang der Verfahrensformen	61
12.4.7	Hypothese 7: Zusammenhang mit anderen Verfahren	62
12.5	Itemanalyse	63
12.5.1	Itemschwierigkeit	63
12.5.2	Trennschärfe	64
12.5.3	Homogenität	65
13	Gütekriterien	66
13.1	Objektivität	66
13.2	Reliabilität	66
13.2.1	Innere Konsistenz	66
13.3	Validität	67
13.3.1	Kriteriumsvalidität	67
13.3.2	Konstruktvalidität	67
13.3.3	Extremgruppenvalidierung	67
13.4	Normierung	68
13.5	Skalierung	68
13.6	Ökonomie	69

13.7	Nützlichkeit	69
13.8	Zumutbarkeit	70
13.9	Unverfälschbarkeit	70
13.10	Fairness	70
14	Andere Verfahren	71
14.1	SIMKAP	71
14.2	SMK	71
14.3	PTK-LDT	72
15	Diskussion und Ausblick	72
15.1	Größe der Eichstichprobe	72
15.2	Validitätsstudie(n)	72
15.3	Retest-Reliabilität	73
15.4	Instruktionsverständnis	73
15.5	Aufgabenbeantwortung	73
15.6	Verrechnung	74
15.7	Plattformunabhängigkeit	74
16	Zusammenfassung	75
	Literatur	76
IV	Anhang	79
A	Instruktionen	80
A.1	Auge-Hand-Koordination	80
A.1.1	Übung 1	80
A.1.2	Testung	81
A.2	Simultankapazität	82
A.2.1	Übung 1	82
A.2.2	Übung 2	83
A.2.3	Übung 3	84
A.2.4	Übung 4	85
A.2.5	Übung 5	86
A.2.6	Testung	87
B	Dialoge	88
B.1	Allgemeine Informationsfenster	88
B.2	Fenster zur Wahl der Verfahrensform	89
B.3	Informationsfenster der Verfahrensform Auge-Hand-Koordination	89

C	SPSS Ausgaben	90
C.1	Histogramme	90
C.1.1	Auge-Hand-Koordination	90
C.1.2	Simultankapazität	90
C.2	Mittelwertdiagramme	91
C.2.1	Auge-Hand-Koordination	91
C.2.2	Simultankapazität	91
C.3	Reliabilität	92
C.3.1	Auge-Hand-Koordination	92
C.3.2	Auge-Hand-Koordination -Zeit (AHK-Z)	92
C.3.3	Simultankapazität	93
C.3.4	Simultankapazität : Mittlere Nähe	93
C.3.5	Simultankapazität : Konstanz	94
C.4	Prüfung auf Normalverteilung	94
C.4.1	Kennwerte der Verfahrensform Auge-Hand-Koordination	94
C.4.2	Kennwerte der Verfahrensform Simultankapazität	95
D	Itemschwierigkeiten	96
D.1	Auge-Hand-Koordination	96
D.2	Simultankapazität	97
E	Trennschärfe	98
E.1	Auge-Hand-Koordination	98
E.2	Simultankapazität	99
F	Normtabellen	100
F.1	Auge-Hand-Koordination	100
F.1.1	Hauptkennwert Auge-Hand-Koordination	100
F.1.2	Nebenkennwert Auge-Hand-Koordination - Zeit (AHK-Z)	101
F.1.3	Nebenkennwert Optimaler Radius	101
F.1.4	Nebenkennwert Optimale Geschwindigkeit	102
F.2	Simultankapazität	103
F.2.1	Hauptkennwert Simultankapazität	103
F.2.2	Nebenkennwert Reaktionszeit Allgemein (RZA)	104
F.2.3	Nebenkennwert Reaktionszeit Spezifisch (RZS) - Visuell	104
F.2.4	Nebenkennwert Reaktionszeit Spezifisch (RZS) - Akustisch	105
F.2.5	Nebenkennwert Reaktionszeit Spezifisch (RZS) - Logisch	106
F.2.6	Nebenkennwert Fehlerprozent Allgemein (FPA)	107
F.2.7	Nebenkennwert Fehlerprozent Spezifisch (FPS) - Visuell	108
F.2.8	Nebenkennwert Fehlerprozent Spezifisch (FPS) - Akustisch	109
F.2.9	Nebenkennwert Fehlerprozent Spezifisch (FPS) - Logisch	110
F.2.10	Nebenkennwert Itemlösungen Allgemein (ILA)	110
F.2.11	Nebenkennwerte Itemlösungen Spezifisch (ILS)	111

Autorenverzeichnis	112
Abbildungsverzeichnis	115
Tabellenverzeichnis	117
G Lebenslauf	118

Teil I

Einleitung

Die vorliegende Diplomarbeit beschäftigt sich mit der theoretischen Konzeption, Realisierung und der darauf folgenden Auswertung und Analyse der an drei Stichproben erhobenen Daten eines eigens erstellten psychologisch-diagnostischen Verfahrens zur Erfassung der Konstrukte Auge-Hand-Koordination und Simultankapazität .

Die Auge-Hand-Koordination ist aus dem täglichen Leben nicht wegzudenken, da sie für alltägliche Tätigkeiten wie das Händeschütteln, das Trinken aus einem Glas oder Becher sowie für unzählige andere Aktivitäten notwendig ist. Komplexere Koordinationsfähigkeit ist beim Greifen nach bewegten Gegenständen gefragt, wie beispielsweise beim Fangen eines Balles. Die psychologisch-diagnostische Erfassung dieses Konstruktes könnte sowohl Beiträge zur Beschreibung der Einschränkung bei neuropsychologischen Störungsbildern liefern, Hinweise auf fehlende Fahrtüchtigkeit geben als auch in der Selektionsdiagnostik als Instrument eingesetzt werden, um für Berufsbilder, in welchen exakte Auge-Hand-Koordination benötigt wird, ein valides Entscheidungskriterium für die Arbeitsplatzvergabe anzuwenden.

Die Simultankapazität, die wir in der heutigen schnelllebigen Zeit täglich aufs Neue, zum Beispiel durch die gleichzeitige Beantwortung von Telefonanrufen und Emails, erproben, ist ebenfalls ein Konstrukt, dem wir täglich begegnen. Die psychologisch-diagnostische Erfassung dieses Konstruktes kann aufgrund der vielschichtigen Möglichkeit, zwei oder mehrere Aufgaben gleichzeitig zu erledigen, als große Herausforderung angesehen werden.

Nicht zuletzt aufgrund meiner mehrjährigen beruflichen Erfahrung in der Softwareentwicklung hatte ich schon seit meinen ersten Berührungspunkten mit der psychologischen Diagnostik großes Interesse an computerisiert vorgegebenen psychologisch-diagnostischen Verfahren. Aus diesem Grund habe ich die Herausforderung angenommen, mich nicht nur psychologisch, sondern auch informationstechnologisch der Erstellung und Programmierung eines Verfahrens im Rahmen meiner Diplomarbeit zu widmen.

Der theoretische Teil (Siehe Abschnitt II) beinhaltet einen kurzen historischen Abriss der Forschung zu den beiden Konstrukten, worauf eine Übersicht über die aktuelle Forschungslage folgt und auf einige Aspekte der Auge-Hand-Koordination und Simultankapazität genauer eingegangen wird.

Der empirische Teil (Siehe Abschnitt III) beschreibt zunächst das Ziel der Untersuchung, darauf folgt eine genaue Beschreibung des Verfahrens. Im Anschluss wird erläutert, wie die Konstrukte operationalisiert wurden und welche Kennwerte herangezogen wurden. Ein umfangreicher Abschnitt schildert die Auswertung der erhobenen Daten und die damit verbundene deskriptiv-statistische und interferenz-statistische Analyse.

Weiters werden die Gütekriterien des Verfahrens näher beleuchtet, woraufhin Verfahren, die ähnliche Konstrukte messen, kurz vorgestellt werden. Das abschließende

Kapitel reflektiert kurz, welche Verbesserungsmöglichkeiten sich am Verfahren herausgestellt haben und welche zukünftigen Fragestellungen sich für dieses Verfahren aufgetan haben.

Teil II

Theoretischer Teil

1 Auge-Hand-Koordination

1.1 Einleitung und Definition

Auge-Hand-Koordination ist unablässig für einen großen Teil unserer täglichen Handlungen wie beispielsweise das Heben einer Kaffeetasse, das Bedienen einer Maschine oder die Bedienung einer Computermaus (Furtner & Sachse, 2009).

Studien zur Auge-Hand-Koordination beschäftigen sich üblicherweise mit einzelnen Bewegungen, jedoch ist die Thematik viel komplexer. Auge, Kopf und Hand müssen alle unter einem gemeinsam koordinierten System agieren und müssen außerdem über mehrere Handlungen hinweg synchron bleiben (Pelz, Hayhoe & Loeber, 2001).

1.1.1 Begriffliche Einführung

Vestibuläres System: Die Vestibulariskerne im Hirnstamm dienen mit ihren Afferenzen und Efferenzen der Erhaltung des Gleichgewichts, der Steuerung von Augenbewegungen und der Stellung und Bewegung des Körpers im Raum (Birbaumer & Schmidt, 2006, S. 435).

Propriozeporen: Sensoren, die Lage und Bewegung unseres Körpers registrieren, wie die Muskelspindeln und Sehnenorgane ..., nennen wir Propriozeptoren. Zu dieser Gruppe gehören auch die Sensoren des Gleichgewichtsorgans (Birbaumer & Schmidt, 2006, S. 301).

Sakkade: Wenn wir frei im Raum umherblicken, bewegen sich beide Augen gleichzeitig miteinander in dieselbe Richtung. Bei diesen konjugierten Augenbewegungen bewegen sich die Augen nie langsam und gleichmäßig von einem Fixationspunkt zum anderen, sondern sie springen in raschen Rucken, genannt Sakkaden, von einem Fixationspunkt zum nächsten (Birbaumer & Schmidt, 2006, S. 403).

Okulomotorik: Die den okulomotorischen Kernen III, IV und VI vorgeschalteten Strukturen haben zum einen die Aufgabe, die beiden Augen zu koordinieren, andererseits müssen sie die Innervationsmuster für die verschiedenartigen Bewegungsabläufe herstellen (Kaufmann, 2003, S. 63; vgl. auch Birbaumer und Schmidt, 2006, S. 402).

1.1.2 Sensomotorik

Der Begriff Sensomotorik wurde von Jung (1976) geprägt, der damit die Koordination von verschiedenen sensorischen Inputs und deren motorische Reaktionen meint.

Als grundlegendes theoretisches Modell der Sensomotorik kann das TOTE-Modell (TOTE = Test, Operate, Test, Exit) von Miller, Galanter und Pribram (1960) gesehen werden. Es beschreibt zielstrebiges Verhalten als eine in einer Schleife verschachtelte Folge von Ist-Soll-Zustandsvergleichen (Tests), einer oder mehreren Handlungen (Operate) und erneuten Vergleichen (Tests) bis zum gewünschten Endzustand (Exit).

Benesch (2006) beschreibt diese Aktivierungstheorie mit TOTE-Einheiten beziehungsweise VVR-Einheiten (VVR = Veränderung, Vergleich, Rückkopplung), als ein System, welches sich durch Rückkopplung selbst erhält. Es werden also durch motorische Handlungen so lange Veränderungen am Ist-Zustand herbeigeführt, bis der Ist-Zustand dem Soll-Zustand gleicht.

1.1.3 Auge-Hand-Koordination

Die Auge-Hand-Koordination ist jener Teil der Sensomotorik, bei dem der sensorische Input die visuellen Informationen sind und die Bewegungen der Hand die motorische Reaktion darstellen. Die Auge-Hand-Koordination ist sehr komplex und involviert eine synergetische Funktion mehrerer sensomotorischer Systeme, unter anderem das visuelle System, das vestibuläre System, Propriozeptoren und nicht zuletzt die Kontrollsysteme für Augen, Hand und Arme. Zusätzlich werden Aspekte einer kognitiven Aufmerksamkeit und Gedächtnis benötigt (Crawford, Medendorp & Marotta, 2004).

1.1.4 Arten von Informationen

Es wird zwischen zwei grundlegenden Arten von für die Auge-Hand-Bewegung relevanten Informationen unterschieden, nämlich retinale und extraretinale Informationen (Abrams, Meyer & Kornblum, 1990, S. 249). Retinale Informationen entspringen der Stimulation der Retina und beinhalten unter anderem Position und Bewegung eines Objektes in der Umgebung. Extraretinale Information betrifft zum Beispiel die Position der Augen, welche von nicht-retinalen Quellen stammt und okulomotorische Kommandos beinhaltet. Die Ausführung okulomotorischer Kommandos bewirkt beispielsweise eine Augenbewegung zwischen zwei Positionen im Raum. Selbstverständlich sind beide Arten von Informationen wichtig und notwendig, um die Position von Objekten im Raum akkurat identifizieren zu können, was wiederum eine Voraussetzung für zielgerichtete Bewegungen ist.

1.2 Beschreibung

1.2.1 Phasen zielgerichteter Bewegung

Abrams et al. (1990, S. 250) beschreiben drei Phasen von zielgerichteten Bewegungen, die im Folgenden näher erläutert werden:

I Phase der Bewegungsvorbereitung Es wird angenommen, dass die Phase der Bewegungsvorbereitung unmittelbar nach der Entscheidung zugunsten einer Bewegung beginnt, jedoch noch bevor die Bewegung sichtbar begonnen wird. Während dieser Phase wird das Ziel der Bewegung konstruiert und das initiale motorische Programm erstellt, um das intendierte Ziel zu erreichen. Verschiedene Arten von Informationen der Augen tragen zur Bewegungsvorbereitung bei. Wenn diejenige Gliedmaße, welche die Bewegung letztendlich ausführen soll, in ihrer Startposition sichtbar ist, dann sind zu diesem Zeitpunkt sowohl retinale als auch extraretinale Informationen verfügbar. Prablanc, Echallier, Jeannerod und Komilis (1979; zitiert nach Abrams et al., 1990, S. 250) zeigen die Wichtigkeit dieser Information in dieser Phase. Gliedmaßenbewegungen sind nämlich akkurater, wenn die zu bewegendes Gliedmaße in dieser Phase sichtbar ist, bevor die Bewegung beginnt. Die Sichtbarkeit der Gliedmaße während der Bewegung selbst spielt dabei keine gewichtige Rolle mehr. Die Augen stellen zudem während der Bewegungsvorbereitung Informationen über die Position des Ziels selbst zur Verfügung. Ein sichtbares Ziel der Umgebung kann über retinale Informationen lokalisiert werden. Wenn sich die Augen in Blickrichtung zum Ziel der Bewegung positioniert haben, kann auch extraretinale Information zur Vorbereitung der Bewegung herangezogen werden.

II Phase des initialen Impulses Die initiale Phase des Bewegungsimpulses ist durch eine schnelle Bewegung gekennzeichnet, in der der Großteil der zurückzulegenden Entfernung der Gliedmaße bis zum Erreichen des Zielobjektes überwunden wird (Carlton, 1981, S. 1027; vgl. auch Abrams et al., 1990, S. 250). Während dieser ersten Phase der Bewegung kommt es üblicherweise zu keinen Korrekturen durch visuelle Informationen, sehr wohl hingegen im zweiten Teil der Bewegung (Carlton, 1981, S. 1021). Nichtsdestotrotz hat die frühe visuelle Information, die während der initialen Phase gesammelt werden kann, einen positiven Einfluss auf die Genauigkeit der ausgeführten Bewegung (Prablanc, Pélisson und Goodale, 1986, zitiert nach Abrams et al., 1990, S. 250).

III Phase der Fehlerkorrektur Während dieser Phase werden, wie Abrams et al. (1990) ausführen, Bestrebungen unternommen, jegliche etwaig entstandene Diskrepanz der Position der Gliedmaße und der Position des Zielobjektes zu minimieren. Während dieser zweiten Phase der tatsächlichen Bewegung wird die Geschwindigkeit ebendieser reduziert (vgl. auch Carlton, 1981). Die Phase der Fehlerkorrektur ist stark abhängig von der Verfügbarkeit retinaler Information über die aktuelle Position der sich bewegendes Gliedmaße. Die Genauigkeit der Greifbewegung ist merklich höher, wenn während der gesamten Bewegungsphase die Gliedmaße sichtbar ist, im Vergleich zu einer Bewegung, bei der die Gliedmaße zumindest phasenweise während der Bewegung nicht sichtbar ist (Carlton, 1981, S. 1020).

Extraretinale Informationen werden ebenfalls für die Fehlerkorrektur herangezogen. Wie Prablanc, Echallier, Jeannerod und Komilis (1979; zitiert nach Abrams et

al., 1990) beschreiben, kann das Ziel der Bewegung zumindest partiell anhand von okulomotorischen Hinweisen (extraretinale Information) über die Position der Augen lokalisiert werden, auch wenn die Augen ohnehin auf das Ziel gerichtet sind.

1.2.2 Funktionsweise

Das Ausführen einer relativ simplen Handlung, zum Beispiel das Greifen auf ein bewegungsloses Objekt in Griffweite, involviert eine Serie von komplexen Mechanismen, die eine große Anzahl von eingehenden und ausgehenden Informationen benötigt (Prablanc, Echallier, Komilis & Jeannerod, 1979). Auf der Wahrnehmungsebene benötigt die Ermittlung der Position des Objektes Informationen über die Blickrichtung relativ zum Kopf, der retinalen Position des Objektes innerhalb des visuellen Feldes und zudem die Position des Kopfes relativ zum Körper. Nach einer dem Objekt zugerichteten Sakkade ohne Kopfbewegung benötigt das Zentrale Nervensystem (ZNS) noch die Richtung des neuen, zukünftigen Blickes sowie die daraus resultierende retinale Distanz (Prablanc, Echallier, Komilis & Jeannerod, 1979). Kurz vor der Initiierung einer zielgerichteten Bewegung findet also bereits eine sakkadische Augenbewegung statt (vgl. auch Neggers & Bekkering, 2002; Abrams et al., 1990). Diese erste, primäre Sakkade trifft, wie Abrams et al. (1990, S. 252) berichten, das Ziel der motorischen Handlung häufig nicht exakt sondern der kurze Blick positioniert sich zumeist knapp unterhalb des Zielobjektes. Dieser ersten Sakkade folgt dann in einigen Fällen eine zweite, kürzeren Sakkade (sekundäre Sakkade), die eine Korrektur der ungenauen, repräsentierten Position aufgrund der primären Sakkade bewirkt. Zumeist ist der Blick sogar bereits vollständig auf das Objekt gerichtet, bevor die Handbewegung beginnt.

Für das motorische System der Hand müssen außerdem noch der Ursprungs- sowie der Endzustand ermittelt werden, was wiederum unter Mithilfe von afferenten und efferenten Signalen passiert.

Ein weiteres, drittes System, welches an dieser Handlung beteiligt ist, gleicht räumlich die visuelle okulomotorische Landkarte mit der propriozeptiven motorische Landkarte ab (Prablanc, Echallier, Komilis & Jeannerod, 1979). Erst ab diesem Zeitpunkt kann die Handbewegung stattfinden.

Bei einer geplanten Greifbewegung auf ein peripheres Objekt findet, wie bereits erwähnt, zuerst eine Sakkade statt, und zwar innerhalb von 250 Millisekunden. Dieser Sakkade folgt wiederum innerhalb der nächsten 100 Millisekunden die Hand- bzw. Greifbewegung. Die Tatsache, dass eine Person während dieser Handlungen ihre Hände nicht sehen kann, hat keinen signifikanten Einfluss auf die Latenzzeit. Die Latenzzeit der Hand hat darüber hinausgehend nur eine geringe Korrelation mit der Latenzzeit der Sakkade.

1.2.3 Robustheit

Es ist möglich, Greifbewegungen auch dann noch akkurat ausführen zu können, wenn der Kopf vom Zielobjekt weg gedreht wird, solange das Zielobjekt noch gesehen wird (Henriques, Medendorp, Gielen & Crawford, 2003, S. 75). Die Akkuratheit von Greifbewegungen ist ebenfalls nicht abhängig von der relativen zeitlichen Abstimmung von Augen-, Kopf- und Handbewegungen (Vercher, Magenes, Prablanc & Gauthier, 1994, S. 507). Sogar wenn das Zielobjekt während der Greifbewegung verschwindet, lässt die Genauigkeit der Bewegung nicht wesentlich nach (Henriques et al., 2003, S. 76), sofern das Zielobjekt während eines ersten kurzen Blickkontaktes fixiert werden kann.

Lediglich wenn das Zielobjekt nicht mehr im Blickfeld ist, lässt die Leistung in Greifbewegungen drastisch nach (Henriques et al., 2003, S. 75). Aus mehreren Studien geht hervor (Neggens & Bekkering, 2002, vgl. auch Prablanc, Echallier, Komilis & Jeannerod, 1979, Abrams et al., 1990, Henriques et al., 2003), dass die Präzision von Handbewegungen nachlässt, wenn die Augen der Person nicht mehr auf das Zielobjekt gerichtet sind.

1.2.4 Führungsverhalten

Furtner und Sachse (2009) beschreiben, dass Blickbewegungen eine Unterstützung zur Führung der Hand liefern. Gegenwärtig findet allerdings eine wissenschaftliche Diskussion darüber statt, ob die Augen die "Sklaven" der Handbewegung oder umgekehrt, die Handbewegungen die "Sklaven" der Augen sind (Siehe Abschnitt 1.3 bzw. Abschnitt 1.4).

1.3 Augen als "Sklaven"

Crawford et al. (2004) beschreibt in einer simplifizierten Regel, die zum Verständnis der komplexen Auge-Hand-Koordination beitragen soll, Augenbewegungen als "Sklaven" (slaves), weil sie keinen direkten Einfluss auf das Verhalten haben. Das visuelle System unterstützt allerdings das motorische System durch die Bereitstellung von Informationen, was dem motorischen System den Status des Meisters (masters) einräumt. Dieser Ansatz trägt zum Verständnis der stattfindenden Prozesse bei und unterstreicht zudem die Wichtigkeit neuronaler Mechanismen, die die ständigen Augenbewegungen kompensieren, welche ansonsten zu Interferenzen mit visuell geleiteten Bewegungen führen könnten.

Zusammenfassend sei erwähnt, dass Crawford et al. (2004) dieses Modell als Verständnishilfe postuliert haben wollen, um in der Komplexität der miteinander verwobenen Prozesse der Auge-Hand-Koordination auch disparate Erkenntnisse erklären zu können.

1.4 Hände als “Sklaven“

In einer empirischen Studie gehen Furtner und Sachse (2009) der Frage nach dem Führungsverhalten in der Auge-Hand-Koordination nach und wollen demnach erkunden, ob das Auge tatsächlich die Planung von Handbewegungen mittels Markierung von Schlüsselpositionen (aktuelle und potentielle Kontaktpunkte) für zukünftige Zielpositionen der Hand unterstützt, wie es unter anderem von Johansson, Westling, Backstrom und Flanagan (2001) berichtet wird.

In dieser Studie wurden mittels Eye-Tracking-Systems Blickrichtungen und Fixationen von Probanden registriert, die in einem von drei Labyrinthen mit unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden am Computerbildschirm von einem Eingang ausgehend einen Ausgang finden sollten. Der gewählte Weg durch das Labyrinth sollte dabei sowohl mit den Augen verfolgt werden, als auch mit der Computermaus nachgefahren werden. Laut Instruktion sollten die Probanden neben ihrer visuellen Fixation auch die Computermaus jeweils an der selben Position halten. Während des Versuchs wurden alle Wegstrecken, nicht nur was die Augenbewegungen und Fixationen betrifft, sondern auch die Bewegungen der Computermaus, registriert und im Anschluss verglichen. Als Ergebnis berichten die Autoren, dass über alle drei unterschiedlich schwierigen Labyrinthe hinweg jeweils eine deutliche Verzögerungszeit der Hand verzeichnet wurde, die Fixation eines speziellen Labyrinthbereiches also zeitlich vor der Maussteuerung ebendieses Bereiches stattfindet. Die Komplexität des Labyrinthes hat wiederum einen direkten Einfluss auf die zeitliche Verzögerung und zwar in jenem Sinne, dass komplexere Labyrinthe eine geringere zeitliche Verzögerung der Hand im Vergleich zur Augenfixation bewirken. Je komplexer also eine Aufgabe zu sein scheint, desto geringer ist demzufolge der Vorsprung der Augenfixation.

Die Ergebnisse dieser Studie weisen also deutlich auf ein Führungsverhalten der Augen im Vergleich zur Hand hin (vgl. auch Helsen, Elliott, Starkes & Ricker, 1998).

1.5 Conversion-on-Demand

Das Modell “conversion-on-demand“ (Henriques, Klier, Smith, Lowy & Crawford, 1998) kann als Erklärungsansatz für die Auge-Hand-Koordination herangezogen werden. Es besagt, dass in einer frühen Phase der Auge-Hand-Koordination die Richtung des visuellen Ziels dynamisch in mehreren retinotopischen Landkarten gespeichert wird. Diese Landkarten oder Repräsentationen müssen für jede Augenbewegung erneut abgebildet werden.

In einer zweiten Phase passiert die Auswahl eines speziellen Bereichs der visuellen Daten, wofür bereits im Vorfeld bewusste und aufmerksamkeitsrelevante Mechanismen ihren Beitrag geleistet haben. Es kommt nun zu einer ersten geometrischen Transformation, aus der eine positionsabhängige Referenz-Repräsentation resultiert. Diese erste Transformation wird nun von einer ganzen Serie von weiteren Transformationen gefolgt, die für die motorische Bewegung benötigt werden. Aufgrund der Komplexität einer derartigen Transformation ist es biologisch und öko-

nomisch sinnvoll, diese globale Repräsentation so früh wie möglich in der Reihe von Prozessen zu erstellen. Das vorgestellte Modell beschreibt die optimale Lösung, indem visuelle Signale in einem sensorischen Bildfeld gespeichert werden und für das motorische Kontrollsystems des Gehirns abrufbar bleiben.

1.6 Auge-Hand-Koordination bei bewegten Objekten

Der Mensch hat täglich mit bewegten Objekten zu tun, sei es beim Griff zum Koffer auf dem Gepäckförderband eines Flughafens, beim Fangen eines Balles oder auch beim freundschaftlichen "High Five" mit einem Bekannten. Auch wenn das Objekt selbst sich nicht bewegt, sind wir oft selbst in Relation zum Objekt in Bewegung, zum Beispiel beim Ergreifen einer Türschnalle, während wir uns auf die Türe zu bewegen (Mrotek & Soechting, 2007).

Um ein sich bewegendes Objekt zu erreichen beziehungsweise es abzufangen, bedarf es der Information der Position sowie der Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes. Zudem muss antizipiert werden, wo sich das Objekt zu dem Zeitpunkt befindet, an dem es erreicht wird. Durch die Bewegung des Objektes steht insgesamt nicht so viel Zeit zur Verfügung, um alle relevanten Informationen über die Bewegung zu sammeln, weshalb angenommen wird, dass primär die Objektgeschwindigkeit für die Bewegungssteuerung herangezogen wird (Lussanet, Smeets & Brenner, 2001).

Im Folgenden werden zwei theoretische Modelle vorgestellt, die Aussagen über Parameter des Erreichens beziehungsweise des Ergreifens von sich bewegenden Objekten tätigen.

1.6.1 Threshold-distance Modell

Dieses, ursprünglich für die optokinetische Reaktionszeit entwickelte Modell, wurde von Port, Lee, Dassonville und Georgopoulos (1997) für das Erreichen von bewegten Objekten adaptiert. Es postuliert, dass das Objekt erst einen bestimmten Abschnitt im sichtbaren Bereich (Sehwinkel) zurückgelegt haben muss, bevor eine Bewegung ausgelöst werden kann. Die Latenz der Bewegungsinitiierung wird in diesem Modell als eine Funktion von zwei Parametern dargestellt (Port et al., 1997, siehe auch Formel (1)):

$$\text{Reaktionszeit} = \text{Ausführungszeit} + \text{Zeitschwelle der Distanz} \quad (1)$$

Der Parameter Ausführungszeit kann hierbei als Konstante angesehen werden, die durch interne Abläufe und Verzögerungen durch das Nervensystems herrührt. Die Zeitschwelle der Distanz (threshold distance time) hingegen ist jene Zeit, die ein Objekt benötigt, um einen gewissen Weg zurückzulegen. Diese Zeit ist wiederum eine Funktion der Objektgeschwindigkeit, weshalb die Formel (1) auch modifiziert angeführt werden kann, wie in Formel (2) zu sehen ist.

$$\text{Reaktionszeit} = \text{Ausführungszeit} + \text{Objektentfernung} * \frac{1}{\text{Objektgeschwindigkeit}} \quad (2)$$

Dieses eher allgemeine Modell hat sich sowohl bei die Vorhersage der menschlichen Reaktionszeit bei langsamen Bewegungen, als auch bei der Vorhersage von sakkadischen Augenbewegungen bei sich bewegenden Objekten bewährt (Port et al., 1997).

1.6.2 Threshold- \mathcal{T} Modell

Das Threshold- \mathcal{T} Modell wurde von D. Lee (1976) eingeführt und bezog sich ursprünglich auf die visuelle Kontrolle des Bremsvorgangs eines Autofahrenden und die theoretisch resultierende Zeit bis zum Aufprall. \mathcal{T} wurde also erstmalig unter der Gegebenheit der Eigenbewegung in einem optisch fließenden Feld (zum Beispiel Umgebungswahrnehmung beim Autofahren) definiert. \mathcal{T} wurde als der Quotient der Variablen d , also der Abstand des Menschen zum Objekt und der Variable \dot{d} , also der zeitlichen Ableitung dieses Abstandes, festgelegt. (Port et al. 1997, S. 407, siehe auch Formel (3)).

$$\tau = \frac{d}{\dot{d}} \quad (3)$$

Port et al. (1997) greifen dieses Modell auf und adaptieren es hinsichtlich der Anwendung auf sich bewegende Objekte. Sie berichten, dass der Mensch, unter der Voraussetzung einer konstanten Geschwindigkeit des Objektes, in der Lage ist, die Zeit (\mathcal{T}) bis zum Erreichen des Objektes zu errechnen. Weiterführend kann dieses Modell auch adäquat für einen approximativen Zeitwert bis zum Fangen, beziehungsweise bis zum Erreichen von Objekten herangezogen werden, wenn Objekte ihre Geschwindigkeit während der Bewegung erhöhen oder verringern, wie Experimente nahe legen (Port et al., 1997, S. 407).

1.6.3 Antizipation zukünftiger Bewegungen

Mrotek und Soechting (2007, S. 7304) fanden heraus, dass Personen bei einem sich am Bildschirm bewegenden Objekt, welches sie mit der Hand, respektive mit einem Finger, „fangen“ sollten, die zukünftige Bewegung des Objektes antizipieren. In dieser Studie bewegte sich ein Objekt in sinuskurvenförmigen Pfaden mit wechselnder Geschwindigkeit am Bildschirm. Die Probanden hatten die Aufgabe, von einem fixen Punkt ausgehend das Objekt mit dem Finger zu erreichen, wobei der Zeitpunkt der Initiierung der Bewegung nicht vorgegeben war. Die Bewegungen des Fingers wurden mithilfe eines Touchscreens aufgezeichnet. Bereits bei der Initiierung der Bewegung wurde eine Richtung der Fingerbewegung eingeschlagen, die zum antizipierten Überschneidungspunkt mit dem Objekt führt, obwohl sich sowohl die Geschwindigkeit,

als auch die Richtung des Objektes geringfügig änderten. Auch wenn diese Fähigkeit zur Antizipation von zukünftigen Bewegungen zeitlich begrenzt zu sein scheint, gelang es den Probanden trotz wechselnder Parameter der Bewegung relativ früh, eine adäquate Richtung zum „Abfangen“ des Objektes einzuschlagen.

Die Autoren fanden heraus, dass ein Modell der Extrapolation sehr gut zur Erklärung des Errechnens des Überschneidungspunktes herangezogen werden kann. Beim Vergleich eines linearen und eines kurvenlinearen Extrapolationsmodells zeigt sich eine bessere Übereinstimmung der Bewegungsrichtung des Fingers mit dem kurvenlinearen Modell. Bei einem linearen Extrapolationsmodell geht die aktuelle Geschwindigkeit als Konstante in die Berechnung ein, wohingegen beim kurvenlinearen Modell sowohl die aktuelle Geschwindigkeit, als auch die aktuelle Winkelgeschwindigkeit des Objektes in die Berechnung der zukünftigen Objektposition mit eingehen.

I Richtungswechsel Mrotek, Flanders und Soechting (2004, S. 95) berichten davon, dass Personen innerhalb kürzester Zeit nach einem abrupten Richtungswechsel eines sich bewegenden Objektes in der Lage sind, die neue Richtung einzuschätzen. In dieser Studie verschwand ein sich bewegendes Objekt exakt 50 Millisekunden nach einem Richtungswechsel, der im Mittelpunkt eines Halbkreises stattfand. Die Probanden hatten die Aufgabe, den Überschneidungspunkt des Bewegungspfades des Objektes mit dem Halbkreis einzuschätzen und mussten sich dabei vorstellen, dass das Objekt nicht verschwunden wäre und den kürzlich eingeschlagenen Weg kurz vor dem Verschwinden ohne weitere Richtungsänderung fortgeführt hätte. Die durchschnittliche Abweichung vom antizipierten und vom berechneten Überschneidungspunkt lag lediglich bei 7°.

1.7 Auge-Hand-Koordination im Alter

Es scheint nicht überraschend, dass im Alter profunde Änderungen im menschlichen perzeptiv-motorischen System passieren, da es zu Leistungseinbußen im visuellen, propriozeptiven, motorischen und zentral nervösen System kommt (Guan & Wade, 2000, S. 151). Als eine wichtige perzeptiv-motorische Funktion bleibt auch die Auge-Hand-Koordination nicht von Effekten des Alters ausgenommen. So können zum Beispiel Verzögerungen in der Reaktion, Verschlechterungen der Genauigkeit bei Greifbewegungen, Verringerungen der Beständigkeit der nicht präferierten Hand, Verschlechterungen in manuellen Fertigkeiten und Verringerung der Geschwindigkeit beim Schreiben von Zahlen und Buchstaben in unterschiedlichen Intensitäten auftreten.

Wie von Light (1990) berichtet wird, kommt es im Alter zu einer Verlangsamung der motorischen Leistung, weil die Informationsverarbeitungsfähigkeit im Zentralen Nervensystem abnimmt. Jede Stufe der Informationsverarbeitung ist davon betroffen und ältere Erwachsene reagieren sensibler als junge Erwachsene oder Erwachsene mittleren Alters auf kleine Änderungen in Bewegungsfaktoren, wie zum Beispiel die Komplexität einer Bewegung .

1.8 Geschlechtsunterschiede in der Auge-Hand-Koordination

Auch wenn Hinweise auf Geschlechtsunterschiede in motorischer Koordinations- und Leistungsfähigkeit in der wissenschaftlichen Literatur zu finden sind (vgl. Ruff & Parker, 1993; Nicholson & Kimura, 1996; Schmidt, Oliveira, Krahe & Filgueiras, 2000), gibt es vereinzelt Hinweise, dass diese Unterschiedlichkeit eher mit physiologischen als mit neuropsychologischen Ursachen zusammenhängt (vgl. Peters, Servos & Day, 1990). Wenngleich über die Ursache noch keine Einigkeit zu bestehen scheint, wird überwiegend von leichten Vorteilen für das männliche Geschlecht berichtet. Wie Dorfberger, Adi-Japha und Karni (2009) beschreiben, entwickeln sich diese Unterschiede zum Vorteil des männlichen Geschlechts erst in der Adoleszenz. Obwohl der wissenschaftliche Diskurs hier noch zu keiner vollständigen Klarheit führt, scheinen Geschlechtsunterschiede in motorischen Koordinationsleistungen existent zu sein.

1.9 Auge-Hand-Koordination in der Neuropsychologie

Patientinnen und Patienten mit traumatischen Hirnschädigungen, wie beispielsweise ein Schädel-Hirn-Trauma, leiden häufig an Störungen der Bewegungskoordination (Oder & Worzer, 2006), weshalb davon auszugehen ist, dass speziell die Auge-Hand-Koordination eingeschränkt ist.

Bei Personen, die an Multipler Sklerose leiden, kommt es häufig zu Aufmerksamkeitsstörungen respektive zu Störungen des Arbeitsgedächtnisses und zur Reduktion der Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit (Pusswald & Vass, 2006), weshalb auch bei dieser Personengruppe mit Einschränkungen in der Auge-Hand-Koordination zu rechnen ist.

2 Simultankapazität/Multitasking

2.1 Definition

Der Begriff Multitasking stammt ursprünglich aus dem Bereich der Informatik (Kiefer & Ubas, 2006) und meint das gleichzeitige Ausführen mehrerer (multipler) Aufgaben (Tasks). F. Lee und Taatgen (2002) definieren Multitasking als die Fähigkeit, die Anforderungen mehrerer Aufgaben gleichzeitig zu bewältigen. Dies kann sich auf einer eher einfacheren Ebene abspielen und zwei gleichzeitig ausgeführte, einfache Handlungen betreffen, wie beispielsweise das Richten der Aufmerksamkeit auf eine andere Straße und das Drehen des Lenkrades. Eine komplexere Ebene des Multitasking beschreibt eine Kette von mehreren verschachtelten Aufgaben. Salvucci (2005) definiert Multitasking detaillierter als die Fähigkeit, mehrere Aufgaben oder Unteraufgaben-Komponenten einer größeren, komplexen Aufgabe zu vereinen, zu integrieren und auszuführen. Brattfisch und Hagman (2008) beschreiben Simultankapazität auch als Multifunktionshandlung, also die Bearbeitung mehrerer Aufgaben (Multi-Tasking), die mehrere verschiedene, psychische Funktionen enthalten.

2.2 Kategorisierung

Zur Multitasking-Fähigkeit gibt es eine ganze Reihe von theoretischen Auseinandersetzungen. Hinsichtlich einer möglichen Kategorisierung nach Aufgabendauer schlägt Salvucci (2005) vor, Aufgaben mit einer Dauer unter von zehn Sekunden als diskrete und jene, deren Bearbeitung länger als zehn Sekunden dauern, als kontinuierliche Aufgaben zu bezeichnen.

Des Weiteren kategorisieren Kieras, Meyer, Ballas und Lauber (2000) Multitasking-Modelle wie folgt:

- **Diskret-Sukzessive Aufgaben:** Es handelt sich hierbei entweder um abwechselnde Bearbeitung zweier verschiedener Auswahl-Reaktionsaufgaben (diskret) oder um die wiederholte Durchführung einer diskreten Aufgabe während einer Serie von anderen diskreten Aufgaben. Eine kurze Pause (response-stimulus interval, RSI) separiert dabei jeweils die neue Aufgabendarbietung von der Bearbeitung der vorherigen Aufgabe.
- **Diskret-Gleichzeitige Aufgaben:** Hierbei handelt es sich um die gleichzeitige Vorgabe von diskreten Auswahl-Reaktionsaufgaben während einer Serie von anderen diskreten Aufgaben, die üblicherweise andere Stimuli darbieten und andere Reaktionen erwarten. Untersuchungen in diesem Zusammenhang beziehen sich häufig auf die Psychologische Refraktär Periode (PRP), beziehungsweise auf den Reaktions-Auswahl Flaschenhals (Siehe Abschnitt 2.4).
- **Grundlegende, kontinuierliche Aufgaben:** Die Kategorie der grundlegenden, kontinuierlichen Aufgaben beinhaltet Aufgabenarten, in der eine fortlaufende Aufgabe zu bewältigen ist, während gleichzeitig gelegentlich andere diskrete Aufgaben zu erledigen sind. Zum Beispiel handelt es sich bei der fortlaufenden Aufgabe um manuelles Tracking (zum Beispiel Mauszeiger über einem sich bewegenden Ziel halten), das gelegentlich durch eine Auswahl-Reaktionsaufgabe unterbrochen wird (Salvucci, 2005). Die drei bisher vorgestellten Aufgabenkategorien beinhalten zumindest eine diskrete Auswahl-Reaktions-Aufgabe.
- **Zusammengesetzte kontinuierliche Aufgaben:** Diese Kategorie umfasst kontinuierliche Aufgabentypen, die nicht aus singulären Aufgaben bestehen, sondern aus zusammengesetzten Unteraufgaben. In der Regel müssen hier zwei durchgängig ablaufende Aufgaben vom Anfang bis zum Ende bearbeitet werden (Kiefer & Urbas, 2006).

Salvucci (2005) berichtet von Studien über Aufgabentypen dieser Kategorie, in der während der Simulation einer Autofahrt zum Beispiel das Radio aktiviert oder eine Nummer in ein Telefon getippt werden sollen.

2.3 Ressourcenspezifität

Das gleichzeitige Bearbeiten mehrerer Aufgaben kann nicht separiert vom Themenkomplex ressourcenspezifischer Modellen betrachtet werden. Hierbei existiert der

grundsätzliche Ansatz einer spezifischen Ressource und der Ansatz von multiplen Ressourcen.

2.3.1 Modell einer spezifischen Ressource

Modelle einer spezifischen Ressource gehen davon aus, dass die menschliche Informationsverarbeitung durch die Kapazität einer zentralen Ressource begrenzt ist (Kiefer & Urbas, 2006). Theoretische Ansätze dieses Modells werden auch unter dem Titel "Single Ressourcen Theorien" geführt.

Wird diese verfügbare Kapazität, die auch als *Einheitsressource* bezeichnet wird, überschritten (z.B. aufgrund von Anforderungen mehrerer gleichzeitig zu bearbeitenden Aufgaben), kommt es zu einer empfundenen kognitiven Belastung (Kiefer & Urbas, 2006).

Wird nun die begrenzte verfügbare Kapazität überschritten, sei es durch die gleichzeitige Ausführung mehrerer Aufgaben oder durch das Komplexerwerden einer einzelnen Aufgabe, so verschlechtert sich die gemessene Leistung. Laut Kiefer und Urbas (2006) besteht also ein direkter Zusammenhang zwischen Anzahl und Schwierigkeit der gleichzeitig zu bearbeitenden Aufgaben und der kognitiven Leistung. Die verminderte kognitive Leistung drückt sich meist durch verzögerte Reaktion oder Handlungsfehler aus.

2.3.2 Modell multipler Ressourcen

Im Unterschied zu Modellen einer spezifischen Ressource gehen Modelle multipler Ressourcen davon aus, dass dem Menschen verschiedene, jeweils spezifische Module zur Verarbeitung von Informationen zur Verfügung stehen. Allerdings sind auch diese Module einer gewissen Kapazitätsbegrenzung unterworfen (Kiefer & Urbas, 2006), die Gesamtkapazität wird hier allerdings als die Summe der Kapazitäten einzelner, voneinander unabhängiger Module erachtet.

Wickens (2002) beschreibt in seinem Modell multipler Ressourcen vier wichtige kategorielle und dichotome Dimensionen, die für die Unterschiedlichkeit der Leistung bei der Ausführung mehrerer simultaner Aufgaben verantwortlich sind, wobei jede Dimension genau zwei Stufen hat (Siehe Abbildung 1). Bei der Ausführung zweier Aufgaben, bei der jede Aufgabe die gleiche Stufe einer Dimension für die Bearbeitung beansprucht, kommt es laut dem Modell zu größerer Interferenz im Vergleich dazu, wenn die beiden Aufgaben unterschiedliche Stufen der Dimension beanspruchen. Die vier Dimensionen des Modells von Wickens (2002, S. 163 ff) werden in den folgenden Absätzen genauer erläutert.

I Verarbeitungsphasen (Stages) Jene Ressourcen, die für wahrnehmungsspezifische und kognitive Aktivitäten benötigt werden, die zum Beispiel auch das Arbeitsgedächtnis mit einschließen, scheinen dieselben zu sein. Diese Ressourcen sind

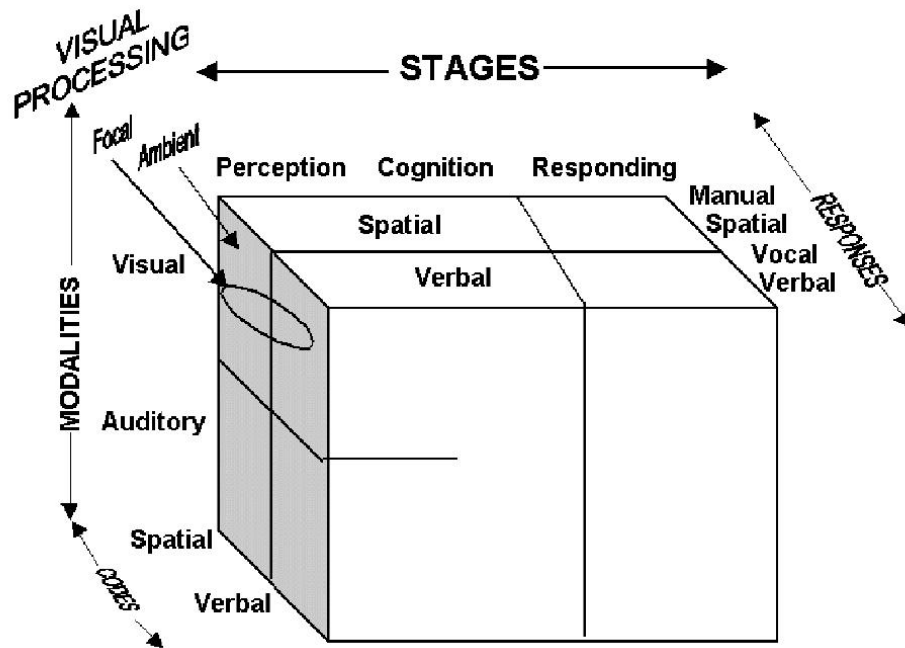


Abbildung 1: Dreidimensionale Repräsentation der Struktur von multiplen Ressourcen (Wickens, 2002, S. 163)

wiederum funktionell von denjenigen getrennt, die der Auswahl und Ausführung von Antworten zugrunde liegen (Siehe Abbildung 2).

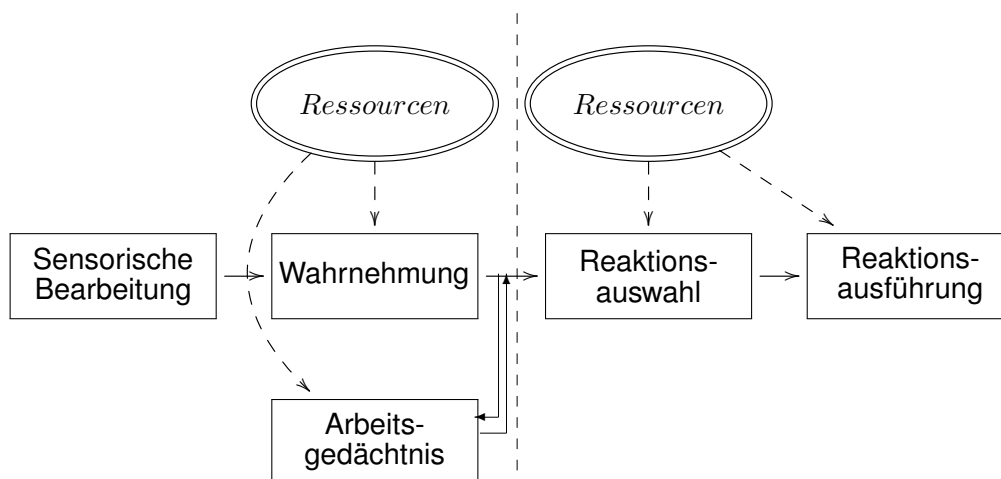


Abbildung 2: Repräsentationen der Verarbeitung (nach Wickens, 2002, S. 164)

Beweis für diese Dichotomie liefert die Tatsache, dass die Schwierigkeit einer Aufgabe, die eher antwortorientiert ist, variiert werden kann und dass diese Manipulation keinen Einfluss auf die Leistung einer zweiten, konkurrierenden Aufgabe hat, sofern die Anforderungen der zweiten Aufgabe eher wahrnehmungsspezifisch oder kognitiv sind. Laut dem Modell von Wickens (2002) stören also die Ressourcen für die Wahrnehmung nicht die Ressourcen, die für die Beantwortung einer Aufgabe verwendet werden.

Die beiden Pole der dichotomen Verarbeitungsphasen (Stages) können physiologisch anderen Gehirnarealen zugeordnet werden. Sprachproduktion und motorische Aktivität werden offensichtlich eher von frontalen Arealen gesteuert, wohingegen Wahrnehmung und Sprachverständnis eher posterior im zentralen Sulcus angesiedelt zu sein scheinen (Wickens, 2002, S. 164).

Visuelle Suche, die simultan mit mentaler Rotation ausgeführt wird, ist ein Beispiel für eine Operation unterschiedlicher Verarbeitungsphasen (Wahrnehmung und Kognition). Beide Prozesse greifen aber auf die Ressource Arbeitsgedächtnis zu (Siehe Abbildung 2), was wiederum Interferenzeffekte bewirken kann. Die beiden dichotomen Pole sind also bezüglich ihrer Ressourcenverwendung nicht vollständig voneinander separierbar.

II Wahrnehmungsmodalitäten (Modalities) Es ist offensichtlich, dass der Mensch besser darin ist, seine Aufmerksamkeit zwischen visuellen und akustischen Reizen aufzuteilen, als auf zwei gleichzeitig gebotene verschiedene visuelle, beziehungsweise zwei gleichzeitig gebotene akustische Reize, was auch in eine bessere Aufgabenbearbeitung mündet. Ersteres bezeichnet Wickens (2002) als "cross-modal time-sharing", also die gleichzeitige Ausführung von Aktivitäten verschiedener Sinnesmodalitäten oder kurz intermodale simultane Verarbeitung. Zweiteres wird von ihm als "intra-modal time-sharing" bezeichnet und meint die gleichzeitige Ausführung von Aktivitäten der gleichen Sinnesmodalität, kurz intramodale simultane Verarbeitung. Der Vorteil der intermodalen simultanen Wahrnehmung ist laut dem Autor keineswegs darauf zurückzuführen, dass im Gehirn unterschiedliche Ressourcen für die jeweiligen Sinnesmodalität zur Verfügung stehen, sondern vielmehr das Resultat von wahrnehmungsbezogenen Faktoren, die der intramodalen, simultanen Wahrnehmung einen Nachteil bescheren. Als Beispiel führt Wickens (2002) an, dass zwei konkurrierende, visuelle Kanäle, wenn sie weit genug voneinander entfernt sind, visuelles Scannen zwischen den Reizen erfordern, was mit zusätzlichem Aufwand verbunden ist. Wenn die beiden Kanäle jedoch in geringerer Entfernung zueinander liegen, kann es den Betrachter wiederum irritieren, beziehungsweise kann es zu Überlagerungen kommen, wie etwa bei zwei gleichzeitig wiedergegebene akustischen Signalen.

Ob der Vorteil einer Separierung von visuellen und auditiven Reizen ein sensorisches Phänomen ist oder durch separierte visuelle und auditorische Ressourcen innerhalb der Wahrnehmung zu erklären ist, scheint nicht vollständig geklärt zu sein.

III Visuelle Kanäle (Visual Channels) Neben der Unterscheidung der Wahrnehmungsmodalitäten gibt es zudem noch Hinweise, dass es zwei separate Aspekte der visuellen Verarbeitung von Reizen gibt, nämlich die fokale und die ambiente Verarbeitung. Fokale, visuelle Verarbeitung ist überwiegend foveal (Anmerkung: Fovea Centralis ist die Stelle des schärfsten Sehens auf der Netzhaut, vgl. (Birbaumer & Schmidt, 2006, S. 387)) und wird unter anderem zur Detailsuche und zur Musterrerkennung benötigt (zum Beispiel das Lesen eines Textes oder das Erkennen von

kleinen Objekten). Ambiente visuelle Verarbeitung hingegen ist überwiegend durch peripheres Sehen geprägt und wird primär bei der Orientierung, beziehungsweise bei Bewegung im Raum angewandt.

Aus folgenden Gründe scheinen beide genannten Aspekte auf unterschiedliche Ressourcen zugreifen zu können:

- sie unterstützen effiziente simultane Verarbeitung (time-sharing)
- sie werden durch qualitativ andere Hirnstrukturen charakterisiert
- sie werden mit qualitativ verschiedenen Typen von Verarbeitungsprozessen assoziiert

Wenn man zum Beispiel einen Korridor entlanggeht und dabei gleichzeitig ein Buch liest, nutzt man die Möglichkeit der parallelen Verarbeitung, beziehungsweise eine mehrfach-ressourcenspezifische Einsatzmöglichkeit des fokalen und ambienten Sehens. Es stellt sich nun die Frage, ob die erfolgreiche simultane Verarbeitung (time-sharing) von fokalem und ambientem Sehen daraus resultiert, dass ambientes Sehen auf eigene Ressourcen zugreift oder ob dafür gar keine Ressourcen benötigt werden. Dies wäre der Fall, wenn ambientes Sehen vor-bewusst beziehungsweise automatisch passieren würde. Laut Wickens (2002) stehen momentan noch nicht genügend Daten zur Verfügung, um diese Frage zufriedenstellend beantworten zu können.

IV Verarbeitungsweisen (Processing Codes) Diese Dimension beschreibt die Unterscheidung zwischen analogen/räumlichen Prozessen und kategorialen/symbolischen (linguistischen oder verbalen) Prozessen. Diese Unterscheidung wird durch den hohen Grad an Effizienz, mit der manuelle und klingende Reaktionen simultan durchgeführt werden können, nahe gelegt. Manuelle Reaktionen sind in diesem Zusammenhang zumeist räumlicher Natur, also zum Beispiel manuelles Folgen, Steuern und Joystick- oder Mausbewegungen. Unter klingenden Reaktionen sind hier üblicherweise mündliche Reaktionen gemeint, also das Sprechen. Hier gibt es einige Evidenz (Wickens, 2002, S. 166) dazu, dass kontinuierliche Folge-Aufgaben und diskrete verbale Aufgaben effizienter simultan ausgeführt werden können, wenn die diskrete Aufgabe klingende statt manuelle Antwortmechanismen anstößt. Zudem konnte gezeigt werden, dass eine manuelle Bearbeitung einer diskreten Aufgabe mit jener Hand, die für eine simultane kontinuierliche Folge-Aufgabe nicht verwendet wird, ebendiese kontinuierliche Aufgabe unterbricht, wohingegen eine diskrete verbale Aufgabe diese Unterbrechung nicht herbeiführt.

2.4 Reaktions-Auswahl Flaschenhals (response selection bottleneck, RSB)

Während der Bearbeitung einer Aufgabe, respektive während der Auswahl einer Reaktion auf eine Aufgabe, kann keine Auswahl einer Reaktion auf eine andere

Aufgabe erfolgen, bis die Reaktionsauswahl der ersten Aufgabe abgeschlossen ist (Schubert, Fischer & Stelzel, 2008). Diese Annahme kennt man unter dem Namen Reaktions-Auswahl Flaschenhals (response-selection bottleneck, RSB). Diese Theorie wurde im Zuge der Multitasking-Forschung postuliert, um die Psychologische Refraktäre Periode (PRP) zu erklären. Diese Periode tritt auf, wenn zwei Aufgaben hintereinander mit einer kurzen zeitlichen Verzögerung (stimulus onset asynchrony, SOA) vorgegeben werden. Der Effekt beschreibt die Erkenntnis dass, je kürzer die zeitliche Verzögerung (SOA) ist, desto länger dauert die Reaktionszeit auf den zweiten Reiz. Die Reaktionszeit auf den ersten Reiz bleibt hingegen vornehmlich gleich. Die Annahme des verbildlichten Flaschenhalses (RSB) besagt nun, dass die Bearbeitung der zweiten Aufgabe während des Prozesses der Auswahl einer Reaktion solange unterbrochen wird, bis die Auswahl einer Reaktion auf die erste Aufgabe abgeschlossen ist.

2.5 Simultankapazität im Alter

Dass zumindest ein Teil der Fähigkeit zur Simultankapazität im Alter schwindet, zeigt nicht zuletzt Hartley (2001). Wenn zwei simultan vorgegebene Aufgaben einer manuellen Bearbeitung bedürfen, kommt es zu einer größeren Interferenz der Bearbeitung bei älteren im Vergleich zu jüngeren Menschen. Der Autor beschreibt dieses Phänomen dadurch, dass eine basale Ressource, die alle kognitiven Operationen benötigen, im Alter reduziert wird. Die Gruppe der jüngeren Menschen bestand in dieser Studie aus Personen mit einem Durchschnittsalter von 19 im Bereich von 17 bis 22 Jahren, die Gruppe der älteren Personen hatte ein Durchschnittsalter von 76,2 im Bereich von 60 bis 80 Jahren.

Der durch simultan vorgegebene Aufgaben auftretende negative Einfluss auf die Leistungsfähigkeit in den einzelnen Aufgaben, der bei älteren Personen stärker als bei jüngeren Personen ausfällt, wie auch Bherer et al. (2005) zeigen, kann jedoch in der Gruppe der älteren Teilnehmer durch Training eher kompensiert werden, als in der Gruppe der jüngeren Teilnehmer.

Aus der Metastudie von Verhaeghen, Steitz, Sliwinski und Cerella (2003), die insgesamt 63 Studien umfasst, die einerseits auf Reaktionszeit beziehungsweise Reaktionsgeschwindigkeit und andererseits auf Reaktionsgenauigkeit basieren, geht hervor, dass der Effekt des Alters einen großen Einfluss auf die Reaktionszeiten bei der Bearbeitung von Mehrfachaufgaben hat. Dieser Einfluss erwies sich als größer als durch eine generelle Verlangsamung im Alter zu vermuten ist. Ein Einfluss des Alters auf die Genauigkeit bei der Bearbeitung simultaner Aufgaben konnte allerdings in dieser Metastudie nicht gefunden werden. In dieser Metastudie konnte zudem gezeigt werden, dass die Einbußen bei simultaner Bearbeitung multipler Aufgaben, die allgemein als Kosten bezeichnet werden, additiv sind. Dies bedeutet, dass Kosten (im gegebenen Fall Reaktionszeiten), die durch die Bearbeitung einer zusätzlichen Aufgabe bestehen, sich additiv auf die Kosten der ersten Aufgabe auswirken. Eben-diese Kosten sind laut Studienautoren bei älteren Personen höher als bei jüngeren

Personen. In Prozentzahlen hinsichtlich der Latenz bei singulärer Aufgabenbearbeitung ausgedrückt, ergeben sich bei der Gruppe der jüngeren Teilnehmer Mehrkosten aufgrund multipler Aufgabenbearbeitungen von 17% und bei der Gruppe der älteren Teilnehmern 26% Mehrkosten (Verhaeghen et al., 2003, S. 452).

2.6 Simultankapazität, Depression und Alzheimer

Wie aus der aufsehenerregenden Studie von Kaschel, Logie, Kazén und Della Sala (2009) hervorgeht, ist die Simultankapazität, respektive die Multitaskingfähigkeit ein Kriterium, um in frühen Stadien der Alzheimer-Krankheit ebendiese zu diagnostizieren.

Wie berichtet wird, ist es aufgrund gewisser Ähnlichkeiten der Symptome eine große klinische Herausforderung, zwischen Alzheimer-Erkrankten in einem frühen Stadium und einer an einer chronischen Depression erkrankten Person zu unterscheiden. Obwohl als Hauptkennzeichen der Alzheimer-Erkrankung allgemein eine Einschränkung im episodischen Gedächtnis erachtet wird und zahlreiche Gedächtnistests als Grundlage für ein Unterscheidungsmerkmal zwischen Alzheimer und Depression vorgeschlagen wurden, konnte doch kein Gedächtnistest in gewünschtem Ausmaß die Spezifität und Sensitivität für Alzheimer kombinieren.

Bei der Vorgabe von Doppelaufgaben hingegen konnten trotz Konstanthaltung der Gedächtnisleistung spezifische Einbußen bei Alzheimer-Erkrankten festgestellt werden, die bei chronisch Depressiven und auch bei gesunden Probanden nicht beobachtet werden konnten. Zudem wurde berichtet, dass die Spezifität und Sensitivität mit einer Fläche unter der Kurve von $0,81 (SE = 0,06)$ bei der Unterscheidung von Personen mit Alzheimer-Erkrankung und depressiven Personen signifikant ($\alpha = 0,001$) ist. Als weitere Erkenntnis dieser Studie kann angesehen werden, dass bei depressiven Personen kein Unterschied in der Simultankapazität im Vergleich zu gesunden Personen festgestellt werden konnte.

Teil III

Empirischer Teil

3 Untersuchungsziel und Hypothesenformulierung

Das Ziel der vorliegenden Diplomarbeit ist es, die theoretischen Konzepte von *Auge-Hand-Koordination* und *Simultankapazität* in einer an die Theorie angelehnten Weise zu operationalisieren und in einer Form messbar zu machen, die augenscheinlich und nachvollziehbar die in der Empirie vorkommenden individuellen Unterschiede hinsichtlich der Leistungsfähigkeit abbildet. Die Art und Weise der Umsetzung der Ideen, die Beschreibung des Verfahrens an sich sowie die Herangehensweise an die Verrechnung der Kennwerte nehmen daher auch einen großen Stellenwert in der vorliegenden Diplomarbeit ein.

Das Verfahren sollte im Sinne eines validen Erhebungsinstrumentes zwischen einer Eichstichprobe und einer klinischen Stichprobe differenzieren können, da, wie aus der Beschreibung des klinischen Störungsbildes Schädel-Hirn-Trauma (Siehe Abschnitt 1.9) hervorgeht, Personen mit ebendiesem Störungsbild Einschränkungen unter anderem in der Informationsverarbeitung unterliegen, welche aber für die Verfahrensformen Auge-Hand-Koordination und Simultankapazität als essentiell anzusehen sind.

Die Verfahrensformen sollten zudem, trotz ähnlich anmutender Aufgabenstellungen und Durchführung, aufgrund der theoretisch abgeleiteten Verrechnung voneinander unabhängige Messergebnisse erzielen, da sie ja vorgeben, unterschiedliche Konstrukte zu messen.

Zusätzlich sollten die Kennwerte des Verfahrens weder mit der angegebenen Computererfahrung noch mit der angegebenen Händigkeit in Zusammenhang stehen, da sie weder bestimmte Personengruppen bevorzugen oder benachteiligen sollten noch vorgeben, die Computererfahrung oder die Händigkeit zu messen.

Wie in Abschnitt 1.7 beziehungsweise Abschnitt 1.8 bereits ausgeführt, ist mit Geschlechts- und Altersunterschieden in der Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit und mit Altersunterschieden in der Simultankapazität zu rechnen (Abschnitt 2.5), welche es ebenfalls zu überprüfen gilt.

Aus den angeführten Überlegungen ergeben sich folgende Hypothesen, die im Zuge der Datenauswertung auf einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ zu überprüfen sind:

Hypothese 1:

- H^1_0 : Es existiert kein statistisch signifikanter, linearer Zusammenhang zwischen den Verfahrenskennwerten und der angegebenen Computererfahrung ($r = 0$).
- H^1_1 : Es existiert ein statistisch signifikanter, linearer Zusammenhang zwischen den Verfahrenskennwerten und der angegebenen Computererfahrung ($r \neq 0$).

Hypothese 2:

- H^2_0 : Es existiert kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Personen mit unterschiedlicher Händigkeit hinsichtlich der Verfahrenskennwerte ($\mu_i = \mu_j$).
- H^2_1 : Es existiert ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Personen mit unterschiedlicher Händigkeit hinsichtlich der Verfahrenskennwerte ($\mu_i \neq \mu_j$).

Hypothese 3:

- H^3_0 : Es besteht kein statistisch signifikanter, linearer Zusammenhang zwischen den Verfahrenskennwerten und dem angegebenen Alter der Testpersonen ($r = 0$).
- H^3_1 : Es besteht ein statistisch signifikanter, linearer Zusammenhang zwischen den Verfahrenskennwerten und dem angegebenen Alter der Testpersonen ($r \neq 0$).

Hypothese 4:

- H^4_0 : Es existiert kein statistisch signifikanter Unterschied in den Hauptkennwerten des vorliegenden Verfahrens hinsichtlich des Geschlechts der Testpersonen ($\mu_1 = \mu_2$).
- H^4_1 : Es existiert ein statistisch signifikanter Unterschied in den Hauptkennwerten des vorliegenden Verfahrens hinsichtlich des Geschlechts der Testpersonen ($\mu_1 \neq \mu_2$).

Hypothese 5:

- H^5_0 : Die Verfahrenskennwerte von Testpersonen aus den unterschiedlichen Stichproben (Eichstichprobe und Klinische Stichproben) unterscheiden sich nicht statistisch signifikant voneinander ($\mu_i = \mu_j$).
- H^5_1 : Die Verfahrenskennwerte von Testpersonen aus den unterschiedlichen Stichproben (Eichstichprobe und Klinische Stichproben) unterscheiden sich statistisch signifikant voneinander ($\mu_i \neq \mu_j$).

Hypothese 6:

- H^6_0 : Es besteht kein statistisch signifikanter, linearer Zusammenhang zwischen den Hauptkennwerten der jeweils anderen Verfahrensform ($r = 0$).
- H^6_1 : Es besteht ein statistisch signifikanter, linearer Zusammenhang zwischen den Hauptkennwerten der jeweils anderen Verfahrensform ($r \neq 0$).

Hypothese 7:

- H^7_0 : Es existiert kein statistisch signifikanter, linearer Zusammenhang zwischen den Hauptkennwerten des vorliegenden Verfahrens und den Hauptkennwerten eines anderen Verfahrens, das vorgibt, ein ähnliches oder das gleiche Konstrukt zu messen ($r = 0$).

- H^7_1 : Es existiert ein statistisch signifikanter, linearer Zusammenhang zwischen den Hauptkennwerten des vorliegenden Verfahrens und den Hauptkennwerten eines anderen Verfahrens, das vorgibt, ein ähnliches oder das gleiche Konstrukt zu messen ($r \neq 0$).

Ein großer Stellenwert wird, neben der Überprüfung der oben angeführten Hypothesen, zudem der Errechnung und Analyse der testtheoretischen Kennwerte sowie der Gütekriterien psychologisch-diagnostischer Verfahren eingeräumt, dessen Relevanz in diesem Rahmen nicht ausgeführt wird.

4 Beschreibung des Verfahrens

4.1 Verfahrenserstellung und Komponenten der Entwicklung

Das Verfahren wurde in der Programmiersprache Delphi in der Entwicklungsumgebung Borland Delphi (Borland GmbH., 2001) in der Version 6 entwickelt. Neben Standardkomponenten der Entwicklungsumgebung Delphi wurde zudem das Komponentenpaket Jedi von der Open-Source Internetplattform Project Jedi (JVCL Team, 2006) für die Maskengestaltung eingesetzt.

Die verwendeten Grafiken und Symbole wurden von Lena Hafner erstellt, dem Internetportal *Tango Desktop Project* (2009) entnommen, beziehungsweise vom Autor der vorliegenden Diplomarbeit erstellt.

Die verwendeten Töne und Geräusche wurden ausschließlich dem Internetportal Internet Archive (Internet Archive Copyright Agent, 2001), beziehungsweise dem Internetportal freeSFX (McKinney, 2006) entnommen. Die Programmierung des Verfahrens begann im Sommer 2009 im Zuge eines Praktikums beim Verlag Hogrefe Austria GmbH und wurden ausschließlich vom Autor der vorliegenden Diplomarbeit durchgeführt.

4.2 Kurze Einführung des Verfahrens

Beim Verfahren zur Messung der Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit und Simultankapazität bewegt sich ein Objekt (Schmetterling) pseudozufällig¹ am Bildschirm, wobei die Aufgabe für die zu testende Person in der Verfahrensform Auge-Hand-Koordination darin besteht, den Mauszeiger in Form eines Netzes stets möglichst zentriert über dem sich bewegenden Schmetterling zu halten. Eine Regelverletzung liegt dann vor, wenn sich der Schmetterling zum Teil oder ganz außerhalb des zu steuernden Netzes befindet. Regelkonformes Verhalten hingegen liegt dann vor, wenn sich der Schmetterling zur Gänze innerhalb des Netzes befindet (Siehe auch Abschnitt 5.1).

Die Verfahrensform Simultankapazität (Siehe Abschnitt 4.4.2) bedient sich für die Grundaufgabe ebenfalls der soeben beschriebenen Aufgabe der Verfahrensform

¹ Eine Folge von zufälligen Bewegungen wurde im Rahmen der Verfahrensentwicklung aufgezeichnet und wird bei jedem Durchgang des Verfahrens ident wiedergegeben, um für alle Testpersonen den absolut gleichen Bewegungsverlauf vorzugeben. Pseudozufällig beschreibt das Generieren von Zufallszahlen (Random) durch den Computer, die in Richtungsänderungen umgewandelt wurden.

Auge-Hand-Koordination. Zusätzlich zur Steuerung des Netzes sind hier jedoch simultan durchzuführende Aufgaben verschiedener Modalitäten zu bearbeiten (Siehe Abschnitt 5.2), ohne die Grundaufgabe zu vernachlässigen. Die Größe des Feldes, auf dem sich der Schmetterling bewegt, beträgt 934×566 Pixel. Das Netz, das über dem Schmetterling gehalten werden soll, hat einen Radius von 50 Pixel. Die Größe des Schmetterlings, welcher sich mit einer Geschwindigkeit von $0,926 \frac{cm}{s}$ am Bildschirm bewegt, beträgt 40×40 Pixel.

4.3 Verfahrensvorgabe

Das Verfahren wird computerisiert vorgegeben. Nach dem Start des Verfahrens erscheint zuerst ein Fenster für die Eingabe benutzerspezifischer Daten (Name bzw. Code, Alter, Computererfahrung, bevorzugte Hand, Geschlecht, Siehe Abbildung 3). Im Anschluss daran ist in einer weiteren Maske (Siehe Abbildung 22 in Anhang B.2) die gewünschte Verfahrenform (Siehe Abschnitt 4.4) auszuwählen. In dieser Maske besteht zudem die Möglichkeit, anstatt der Testungen den Übungsmodus auszuwählen, indem bis zu einem allfälligen Abbruch zu einem beliebigen Zeitpunkt eine einfache Fehlermessung vorgenommen wird (Siehe Abbildung 23 in Anhang B.2).

Im Anschluss an dieses Fenster beginnt entweder die gewählte Testform mit der ersten Instruktion (Siehe Anhang A) oder es beginnt der Übungsmodus, der mit einer kurzen Informationsmeldung startet (Siehe Abbildung 19 in Anhang B.1).



Abbildung 3: Fenster zur Eingabe von Benutzerinformationen

4.4 Verfahrensformen

Wie bereits eingangs erwähnt, besteht das Verfahren aus 2 Testformen und einem Übungsmodus, die in den folgenden Kapiteln genauer beschrieben werden.

4.4.1 Auge-Hand-Koordination

Diese Verfahrensform zur Messung der Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit besteht aus mehreren Phasen. Die erste Phase wird mit einer Instruktion (Siehe Anhang A.1.1) eingeleitet, in der genau beschrieben wird, welche Aufgaben von der zu testenden Person erfüllt werden sollen. In dieser Instruktion wird dargelegt, dass diese Verfahrensform mit einer 1-minütigen Übungsphase beginnt, in der sich der Testperson mit der Aufgabe vertraut machen kann. Die Aufgabe selbst besteht darin, mit der Computermaus, mit der man ein symbolisches Netz steuert, einem sich bewegendem Objekt (Schmetterling) zu folgen, beziehungsweise mit dem symbolischen Netz ständig über dem Schmetterling zu bleiben (siehe auch Kapitel 5.1). Die Übungsphase wird mit der Schaltfläche „Weiter“ unterhalb der Instruktion gestartet.

Nach der einminütigen Übungsphase erhält man eine zweite Instruktion (Siehe Anhang A.1.2). In dieser Instruktion wird man darüber informiert, dass nun die Testungsphase bevorsteht, die maximal zehn Minuten dauern wird. Die Testungsphase besteht wiederum aus drei Phasen:

- Grundphase: Diese zwei Minuten dauernden Phase ist bezüglich der Anforderungen ident zur Übungsphase, sie besteht ausschließlich aus der Grundaufgabe. Im Vergleich zur Übungsphase werden in der Testungsphase allerdings die Fehler der Aufgabe gemessen (Siehe auch Kapitel 10) und gespeichert. Nach Beendigung der Grundphase wird man über den Beginn der nächsten Phase mittels einer Informationsmeldung am Bildschirm (Siehe Abbildung 24 in Anhang B.3) informiert.
- Adaptive Geschwindigkeitsanpassung: In dieser Phase ändert sich die Geschwindigkeit des Objektes (Schmetterling), dem man mit der Computermaus folgen soll. Je besser einem diese Aufgabe gelingt, also je genauer man sich mit dem Netz über dem Schmetterling befindet, desto schneller bewegt sich auch das Objekt (Siehe Abschnitt 8 für eine detaillierte Beschreibung des adaptiven Algorithmus). Umgekehrt verlangsamt sich das Objekt, wenn sich die Leistung der Person verschlechtert, wenn also das Netz nicht mehr so genau über dem Schmetterling gehalten werden kann. Nachdem sich über mehrere Intervalle hinweg die Leistung der Person nur mehr minimal ändert, also sobald eine „optimale“ Geschwindigkeit für die Person gefunden wurde, wird diese Phase abgebrochen und es beginnt die letzte Phase dieser Verfahrensform. Der Wechsel der Phasen wird durch eine Meldung am Bildschirm angekündigt (Siehe Abbildung 25 in Anhang B.3).
- Adaptive Kreisgrößenanpassung: In dieser Phase wird analog zur vorherigen

Phase abhängig von der Leistung der Person die Schwierigkeit der Aufgabe angepasst. Je genauer es die Person schafft, das Netz über dem Schmetterling zu halten, desto kleiner wird dieses Netz, was die Aufgabe erschwert. Verschlechtert sich die Leistung der Person in der Grundaufgabe, so wird die Größe des Netzes inkrementiert. Ebenfalls analog zur Phase Adaptive Geschwindigkeitsanpassung wird diese Phase abgebrochen, sobald sich die Leistung der Person über mehrere Intervalle hinweg nur mehr minimal verändert, sobald also eine optimale Kreisgröße gefunden wurde. Für eine genauere Beschreibung des adaptiven Algorithmus siehe Abschnitt 8. Die Beendigung der Testung wird mittels einer Informationsmeldung am Bildschirm angekündigt (Siehe Abbildung 20 in Anhang B.1).

Durch den adaptiven Charakter von Teilen der Testungsphase kann die genaue Dauer dieser Verfahrensform nicht exakt festgesetzt werden, sie ist allerdings mit insgesamt 10 Minuten begrenzt. Die Dauer, beziehungsweise die maximale Dauer der jeweiligen Phase ist in Tabelle 1 angeführt.

Phase	Dauer
Grundphase	2 Minuten
Phase mit adaptiver Geschwindigkeitsanpassung	maximal 4 Minuten
Phase mit adaptiver Kreisgrößenanpassung	maximal 4 Minuten

Tabelle 1: Auflistung der Dauer der jeweiligen Phasen der Verfahrensform Auge-Hand-Koordination

Anmerkung: In beiden Verfahrensformen ist es von großer Bedeutung, dass die Instruktion vollständig gelesen und verstanden wird. Daher wird bei der Beendigung der Instruktionsphase jeweils überprüft, ob, sofern die Bildschirmgröße und Bildschirmauflösung die Darstellung der gesamten Instruktion nicht zulassen, der Schiebepalken (scrollbar) bis zum Ende der Instruktion geschoben wurde. Ist dies nicht der Fall, wird mit einer Meldung (Siehe Abbildung 18 in Anhang B.1) darauf aufmerksam gemacht, dass eventuell nicht die ganze Instruktion gelesen wurde, weil diese eventuell nicht am Bildschirm angezeigt wurde. Unabhängig von jeglicher Aktion, also ob durch Betätigung des Schiebepalkens (scrollbars) der untere Teil der Instruktion sichtbar gemacht wurde oder nicht, scheint diese Meldung bei erneuter Betätigung der Schaltfläche „Weiter“ nicht mehr auf.

4.4.2 Simultankapazität

Die Verfahrensform Simultankapazität beginnt mit einer Instruktion (siehe Anhang A.2.1), in der die einführende Aufgabe genau beschrieben wird. Die erste Phase dieser Verfahrensform besteht aus der Übung der Grundaufgabe (Siehe Abschnitt 5.1). Die zu testende Person hat eine halbe Minute Zeit, sich mit der Aufgabe vertraut zu machen. Die Übungsphase beginnt, sobald die Instruktionsphase mittels der Schaltfläche „Weiter“ beendet wird.

Im Anschluss an die erste Übungsphase wird erneut eine Instruktion (Siehe Anhang A.2.2) präsentiert, die den ersten, simultan zur Grundaufgabe auszuführenden Aufgabentyp (Siehe Abschnitt 5.2.1) vorstellt. Wie auch bei den nachfolgenden Aufgabentypen gibt es nach jeder Bearbeitung der Zweitaufgabe eine Pause von 3 Sekunden, in der lediglich die Grundaufgabe auszuführen ist.

Das beschriebene Prozedere, nämlich die Vorstellung eines neuen Aufgabentyps in einer Instruktion und das anschließende Üben dieser Aufgabe simultan zur Grundaufgabe, wird für zwei weitere Aufgabentypen (Siehe Abschnitt 5.2) wiederholt. Eine genaue Auflistung der Phasen befindet sich in Tabelle 2, wo auch die dazugehörige Dauer sowie die Kapitelnummern, unter der die jeweiligen Instruktionen zu finden sind, zu entnehmen sind.

Phase	Dauer	Instruktion
Instruktion 1	-	Anhang A.2.1
Übungsphase 1 (Grundaufgabe)	0.5 Minuten	-
Instruktion 2	-	Anhang A.2.2
Übungsphase 2 (Aufgabentyp 1)	1 Minute	-
Instruktion 3	-	Anhang A.2.3
Übungsphase 3 (Aufgabentyp 2)	1 Minute	-
Instruktion 4	-	Anhang A.2.4
Übungsphase 4 (Aufgabentyp 3)	1 Minute	-
Instruktion 5	-	Anhang A.2.5
Übungsphase 5 (alle Aufgabentypen)	1 Minute	-
Instruktion 6	-	Anhang A.2.6
Testung	8 Minuten	-

Tabelle 2: Auflistung der jeweiligen Phasen der Verfahrensform Simultankapazität, der jeweiligen Dauer sowie der Kapitelnummer der dazugehörenden Instruktion

Nach der Vorstellung aller drei Aufgabentypen und deren Übungsphasen wird die Testperson in einer weiteren Instruktion darüber informiert, dass nun in einer letzten Übungsphase alle Aufgabentypen in pseudozufälliger Reihenfolge vorgegeben werden. Im Anschluss wird man in einer letzten Instruktion davon in Kenntnis gesetzt, dass durch die Betätigung der „Weiter“-Schaltfläche die Testung beginnt, die 8 Minuten dauert. In der Testungsphase werden, wie bereits in der letzten Übung, alle drei Aufgabentypen pseudozufällig simultan zur Grundaufgabe vorgegeben. Die Testung endet automatisch mit einer Informationsmeldung (Siehe Abbildung 20 in Anhang B.1).

4.4.3 Übungsmodus

Der Übungsmodus zum Training der Auge-Hand-Koordination besteht ausschließlich aus der Grundaufgabe (Siehe Abschnitt 5.1). Zu Beginn dieses Modus wird man mit einer Informationsmaske darüber informiert, dass das Training jederzeit mit der Taste „ESC“ abgebrochen werden kann (Siehe Abbildung 19). Im Übungsmodus wird, wie auch in der Testphase der beiden Verfahrensformen, die Auge-

Hand-Koordinationsleistung gemessen (Siehe Abschnitt 10). Nach Abbruch des Trainingsmodus wird eine Kurzübersicht über die Ergebnisse der Leistungsmessung durch Anzeige der wichtigsten Kennwerte (Siehe Abschnitt 10), wie es in der Abbildung 21 in Anhang B.1 beispielhaft dargestellt ist, dargeboten.

5 Aufgabenbeschreibungen

5.1 Sensomotorische Aufgabe (Grundaufgabe)

Wie bereits erwähnt besteht die Aufgabe darin, ein zu steuerndes Objekt (ein symbolisches Netz, Siehe Abbildung 5), welches mit der Maus gesteuert wird, über einem sich „zufällig“ bewegenden Zielobjekt (symbolischer Schmetterling, Siehe Abbildung 4) zu halten. Befindet sich der Schmetterling innerhalb des Netzes, so wird die Umrandung des Netzes schwarz angezeigt (Siehe Abbildung 5). Sobald sich durch die Bewegungen des Schmetterlings, beziehungsweise durch benutzergesteuerte Bewegungen des Netzes der Schmetterling nicht mehr zur Gänze innerhalb des Netzes befindet, ändert sich die Rahmenfarbe des Netzes auf Rot (Siehe Abbildung 6), um einen Regelverstoß zu signalisieren.



Abbildung 4: Zielobjekt Schmetterling



Abbildung 5: Zu steuerndes Objekt Netz inklusive Zielobjekt bei regelkonformen Verhalten (schwarze Umrandung)

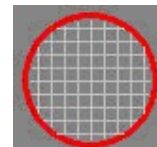


Abbildung 6: Zu steuerndes Objekt Netz bei Regelverstoß (rote Umrandung)

5.2 Aufgabentypen der Simultankapazitätsmessung

5.2.1 Visuell-motorische Aufgabe

Ein kleines Objekt, welches sich als rundes, gesichtsähnliches Symbol in oranger Farbe präsentiert (Siehe Abbildung 7), bewegt sich vom oberen Rand des Testfeldes selbstständig Richtung unterem Rand des Testfeldes und zwar an pseudozufälliger, horizontaler Position des Testfeldes. Sobald sich das Objekt an pseudozufälliger,

vertikaler Position des Testfeldes ändert, besteht die Aufgabe darin, so schnell wie möglich die Leertaste zu drücken. Die Symboländerung besteht darin, dass das runde gesichtsförmige Objekt zu einem runden Objekt mit orangem Hintergrund und einem weißen Symbol eines Rufzeichens wird (Siehe Abbildung 8). Die verstrichene Zeit (Latenzzeit bzw. Reaktionszeit) vom Objektwechsel bis zum Tastendruck wird registriert. Sobald die Leertaste gedrückt wird, wechselt das Objekt erneut, um eine visuelle Rückmeldung über den Erfolg des Tastendruckes zu vermitteln. Die zweite Änderung des Objektes besteht darin, dass nun ein rundes, gesichtsförmiges Symbol mit orangem Hintergrund und breitem Lächeln angezeigt wird (Siehe Abbildung 9). Das Objekt verschwindet selbstständig, sobald es am unteren Rand des Testfeldes angekommen ist.



Abbildung 7:
Fallendes Symbol im Ursprungszustand



Abbildung 8:
Fallendes Symbol im geänderten Zustand



Abbildung 9:
Fallendes Symbol im Endzustand zur Rückmeldung des erfolgten Tastendruckes

5.2.2 Visuell-akustisch-kognitiv-motorische Aufgabe

Unterhalb des Mauszeigers erscheint ein visueller Reiz (zum Beispiel das Symbol einer Trommel, Siehe Abbildung 10). Um eine unnötige Suche am Bildschirm zu verhindern, wird der visuelle Reiz mit kleinem Abstand unterhalb des zu steuernden Objektes angezeigt. Wenn sich das Objekt durch Maussteuerung am Bildschirm bewegt, bewegt sich auch der visuelle Reiz mit dem Objekt mit und hält den Abstand konstant. Gleichzeitig wird ein akustischer Reiz (zum Beispiel Laut einer Kuh) wiedergegeben. Wenn der akustische Reiz zum visuellen Reiz passt, also prinzipiell vom visuellen Reiz stammt, ist die Leertaste zu drücken. Zum Beispiel wäre dies der Fall, wenn ein Bild einer Kuh und der Laut einer Kuh gemeinsam präsentiert werden. Wird die Leertaste nicht gedrückt, obwohl der visuelle Reiz zum akustischen Reiz passt, gilt die Aufgabe als nicht gelöst. Passt der visuelle Reiz nicht zum akustischen Reiz und die Leertaste wird gedrückt, gilt die Aufgabe ebenfalls als nicht gelöst. Im Falle einer richtigen Aufgabenbearbeitung wird die Zeit ab erscheinen des Reizes bis zum Tastendruck (Latenzzeit bzw. Reaktionszeit) registriert.



Abbildung 10: *Beispiel für visuellen Reiz (Symbol einer Trommel)*

5.2.3 Logisch-motorische Aufgabe

Unterhalb des Mauszeigers erscheint ein Feld mit einer Reihe von Buchstaben, Zahlen oder Zeichen, das einen Fehler beinhaltet (Siehe Abbildung 11). Ziel der Aufgabe ist es, das falsche Element in der Reihe zu identifizieren und auszuwählen. Die Auswahl des falschen Elementes passiert durch mehrmaliges Drücken der Leertaste, welches einen schwarzen Balken unterhalb der Reihe von links nach rechts bewegt (Siehe Abbildung 12). Mit jedem Druck der Leertaste springt der schwarze Markierungsbalken ein Element in der Reihe weiter. Nach 2 Sekunden ohne Tastendruck rastet die Auswahl des Elements ein. Sobald sich also der schwarze Balken unterhalb des auszuwählenden Elementes der Reihe befindet, sollte das Drücken der Leertaste beendet werden. Durch die Auswahl eines Elementes wird ebendieses Element farblich hervorgehoben (Siehe Abbildung 13) und es ist keine weitere Auswahl eines Elementes oder eine Korrektur der Eingabe mehr möglich. Die Zeit ab erscheinen der Aufgabe bis zur Auswahl eines Reizes wird registriert (Latenzzeit bzw. Reaktionszeit). Nach wenigen Sekunden erlischt die eingeblendete Reihe automatisch. Sofern keines der Elemente gewählt wurde, erlischt die Reihe ebenfalls automatisch nach einigen Sekunden.



Abbildung 11: Beispiel für die logisch-motorische Aufgabe vor Beginn der Beantwortung

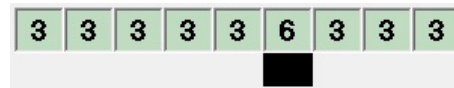


Abbildung 12: Beispiel für die logisch-motorische Aufgabe während der Beantwortung



Abbildung 13: Beispiel für die logisch-motorische Aufgabe nach der Auswahl des nicht passenden Elementes der Reihe

5.3 Aufgabenseparierung

Aufgrund der speziellen Charakteristika des vorliegenden Verfahrens kann man grundsätzlich nicht von Items im klassischen Sinne sprechen, da die sensomotorische Grundaufgabe während der gesamten Testung vorgegeben wird und somit diesbezüglich keine natürliche Trennung von Aufgaben gegeben ist. Sehr wohl ergibt sich eine natürliche Trennung der Aufgaben bei den parallel zu bearbeitenden Zusatzaufgaben der Verfahrensform Simultankapazität. Für die Ermittlung einiger Gütekriterien (zum Beispiel Reliabilität, Siehe Abschnitt 13) sowie logischerweise

für die Ermittlung von Itemkennwerten (Siehe Abschnitt 12.3) ist eine Aufspaltung der Gesamtaufgabe in einzelne Items jedenfalls notwendig. Wie diese Trennung im vorliegenden Verfahren vorgenommen wurde, wird in den folgenden Abschnitten genauer erläutert.

5.3.1 Auge-Hand-Koordination

Die sensomotorische Aufgabe wird in gleichmäßige Zeitintervalle unterteilt, woraus Items resultieren. Die relevanten Kennwerte (Siehe Abschnitt 10) dieser Items werden, wie auch für das gesamte Verfahren, für jedes Item ermittelt und gespeichert.

5.3.2 Simultankapazität

Während der acht Minuten dauernden Testung wird eine sensomotorische Grundaufgabe kontinuierlich vorgegeben. In gewissen Zeitintervallen wird außerdem eine parallel zu bearbeitende Zusatzaufgabe vorgegeben. Die Trennung der Items erfolgt in der Hälfte des Zeitintervalls, welches zwei Zusatzaufgaben voneinander trennt. Zur Illustration dieser Separierung siehe Abbildung 14.

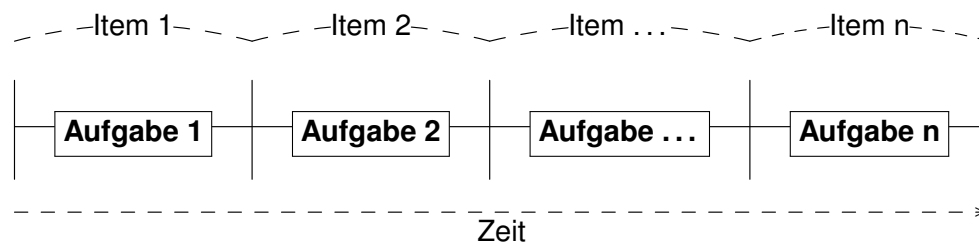


Abbildung 14: Illustration der Trennung der Aufgaben und der Zuordnung zu Items in der Verfahrensform Simultankapazität

Durch die Trennung in Items zur Hälfte der Zeitintervalle zwischen den Zusatzaufgaben ergibt sich für jedes resultierende Item eine Zeiteinheit vor der Zusatzaufgabe, die Dauer der Zusatzaufgabe selbst sowie eine Zeiteinheit nach der Zusatzaufgabe. Für jedes dieser Items werden, wie auch beim Gesamtverfahren, die relevanten Kennwerte (Siehe Abschnitt 10) ermittelt und gespeichert.

6 Aufgabenanalyse vor Datenerhebung (Distraktorenanalyse)

Wie nicht zuletzt von Mittring und Rost (2008) detailliert ausgeführt, hat es zum Teil Sinn, Aufgaben hinsichtlich ihrer Antwortmöglichkeiten genauer zu analysieren. Relativ wenig wissenschaftliche Aufmerksamkeit scheint diesbezüglich der Erstellung der Distraktoren gewidmet worden zu sein (Mittring & Rost, 2008), also jener Antwortmöglichkeiten, die nicht in der Lösungsmenge der Aufgabe enthalten sind, sondern

zur Ablenkung oder als Füllmenge bei Multiple Choice Aufgaben dienen. Im Zuge dieser Art der Analyse (Distraktorenanalyse) werden zum Beispiel Antwortmöglichkeiten einer Matrizenaufgabe, im gegebenen Fall aus dem WMT (Formann & Piswanger, 1979) und dem BOMAT (Hossiep, Turck & Hasella, 1999), vorgegeben, ohne die Aufgabe selbst vorzulegen, um alternative Strategien der Antwortfindung näher zu untersuchen. Alternative Antwortstrategien sind jene Strategien, die die Testperson, nicht wie vorgesehen über die Analyse der Aufgabe zur Lösung (Attraktor) führen, sondern eben über einen anderen Weg. Eine mögliche alternative Strategie der Antwortfindung wäre das simple Auszählen der Position des Attraktors in der Reihe der Distraktoren und eine Einbeziehung, beziehungsweise ein Ausschluss einer Antwortmöglichkeit aus der möglichen Lösungsmenge aufgrund ihrer Position.

Unter diesem Aspekt soll der logisch-motorische Aufgabentyp (Siehe Abschnitt 5.2.3) des vorliegenden Verfahrens analysiert werden. Bei diesem Aufgabentyp handelt es sich um die Vorgabe einer Reihe von Symbolen (Zahlen, Buchstaben oder Zeichen), aus der ein falsches Element zu identifizieren und auszuwählen ist. Bei jedem der 30 Items dieses Aufgabentyps werden 9 Antwortmöglichkeiten vorgegeben, wobei jeweils 1 Attraktor (Lösung) und je 8 Distraktoren in den Antwortmöglichkeiten enthalten sind. Eine Übersicht über die Auftrittswahrscheinlichkeiten des Attraktors an einer Position der Antwortmöglichkeiten finden Sie in Tabelle 3, wobei die exakte Position der jeweiligen Häufigkeit hier explizit nicht angeführt wird und stattdessen die Häufigkeiten ansteigend sortiert sind.

Auftrittswahrscheinlichkeit
0.0 %
3.3 %
3.3 %
6.6 %
10.0 %
16.6 %
16.6 %
20.0 %
23.3 %

Tabelle 3: *Auftrittswahrscheinlichkeiten des Attraktors an einer Position in der Reihe der Distraktoren in aufsteigender Reihenfolge hinsichtlich der Auftrittswahrscheinlichkeit ohne Bezug auf die jeweilige Position*

Der Korrelationskoeffizient zwischen Position des Attraktors und der Auftrittswahrscheinlichkeit beträgt 0,017 (Siehe Abbildung 15). Auch wenn die Auftrittswahrscheinlichkeiten eines Attraktors an einer Position durchaus unterschiedlich sind (siehe Tabelle 3), deutet die Höhe des Korrelationskoeffizienten darauf hin, dass eine alternative Lösungsfindung nur äußerst schwierig über die Position des Attraktors geschehen kann.

Korrelationen			Häufigkeit	Position
Spearman-Rho	Häufigkeit	Korrelationskoeffizient	1,000	,017
		Sig. (2-seitig)	.	,966
		N	9	9
Position	Position	Korrelationskoeffizient	,017	1,000
		Sig. (2-seitig)	,966	.
		N	9	9

Abbildung 15: SPSS-Ausgabe zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten zwischen Position des Attraktors und Auftrittswahrscheinlichkeit beim Aufgabentyp logisch-motorische Aufgabe

7 Anwendungsgebiete

Im Folgenden wird versucht, zukünftige mögliche Anwendungsgebiete zu skizzieren.

7.1 Allgemein

Das Verfahren könnte unter anderem in folgenden Bereichen seine Hauptanwendung finden:

- Personalpsychologie
- Flugpsychologie
- Sportpsychologie
- Klinische- und Gesundheitspsychologie
- Neuropsychologie
- Verkehrspsychologie

7.2 Potentieller Nutzen für die Neuropsychologie

Das vorliegende Verfahren könnte bei Patientinnen und Patienten mit diffusen Hirnschädigungen helfen, das Ausmaß der Störung und Beeinträchtigung zu ermitteln, beziehungsweise differenziert nach Aufgabentypen (Siehe Abschnitt 5.1 und Kapitel 4.4.2) einen Beitrag zur Beschreibung der Beeinträchtigung leisten (vgl. Abschnitt 1.9).

Zudem könnte das Verfahren auch bei an Multiple Sklerose erkrankten Personen Hinweise zur Beschreibung und zum Ausmaß der Beeinträchtigung geben. Das dem Verfahren beigefügte Übungsprogramm für Auge-Hand-Koordination könnte zum Training im Bereich der Feinmotorik und Informationsverarbeitung bei Patienten mit Hirnschädigungen eingesetzt werden.

7.3 Potenzieller Nutzen für die Verkehrspsychologie

Die Verfahrensform Auge-Hand-Koordination, dessen gemessenes Konstrukt ja für die Tätigkeit des Autofahrens nicht unerheblich ist, könnte im Rahmen von Verkehrstauglichkeitsprüfungen vorgegeben werden. Unterdurchschnittliche Kennwerte dieser Verfahrensform könnten Hinweise auf mangelnde Fahrtüchtigkeit geben, wenngleich das Verfahren nicht explizit hinsichtlich dieser Anwendung konzipiert wurde.

7.4 Depression

Wie aus der Studie von Kaschel et al. (2009) hervorgeht (vgl. Abschnitt 2.6), ist bei Personen, die an Depression leiden, nicht damit zu rechnen, dass sie weniger leistungsfähig bei der Bearbeitung von Mehrfachaufgaben im Vergleich zu einer Normpopulation sind. Ohne es durch eine eigene Untersuchung belegen zu können, ist laut Kaschel et al. (2009) davon auszugehen, dass diese Egalität der Leistungsfähigkeit im Vergleich zur Eichstichprobe ein Unterscheidungsmerkmal zur Gruppe der von der Alzheimer-Krankheit betroffenen Personen in einem Frühstadium ist, was aufgrund einer ähnlichen Symptomatik ein diagnostisches Problem darstellt. Aus diesem Grund könnte das vorliegende Verfahren zur Differenzierung von vorliegender, beginnender Alzheimer-Erkrankung und Depression beitragen.

8 Adaptiver Algorithmus

Ziel der adaptiven Messungen in der Verfahrensform Auge-Hand-Koordination ist es, so schnell wie möglich ein optimales Schwierigkeitslevel für die sensomotorische Grundaufgabe (Siehe Abschnitt 5.1) zu finden. Dies bedeutet im konkreten Fall entweder die Bestimmung des "optimalen" Radius des Kreises, oder die Bestimmung der "optimalen" Geschwindigkeit des Objektes (Schmetterling) für den jeweiligen Benutzer hinsichtlich seines Fähigkeitsniveaus im Bereich der Auge-Hand-Koordination. Es sollte sich hierbei um jene Geschwindigkeit handeln, bei der die Testperson dem Objekt gerade noch angemessen folgen kann, beziehungsweise sollte es sich um jenen Radius handeln, bei dem es die Testperson gerade noch schafft, mit dem Kreis in angemessener Weise über dem Objekt zu bleiben.

8.1 Beschreibung der adaptiven Geschwindigkeitsanpassung

Nach jedem Zeitintervall von fünf Sekunden während der Testung wird die Auge-Hand-Koordinationsleistung mittels des Kennwertes Fehlerprozent (Siehe Formel (14) in Kapitel 10) überprüft. Bei einem Fehlerprozentwert größer oder gleich 50, das heißt, dass während der letzten fünf Sekunden mindestens in der Hälfte der Zeit eine Regelverletzung vorgelegen ist, das Netz sich also nicht zur Gänze über dem Schmetterling befunden hat, wird das Intervall als "Falsch" klassifiziert. Bei einem Fehlerprozentwert des vorangegangenen Intervalls kleiner 50 wird dieses

Intervall als "Richtig" klassifiziert. Die neu errechnete Geschwindigkeit (G_{neu}) für das nachfolgende Intervall ergibt sich anhand der Formel (4).

$$G_{neu} = G_{alt} + \Delta P \quad (4)$$

Der Wert ΔP (Siehe Formel (4)) kann sowohl positiv als auch negativ sein. Nach dem ersten Intervall wird dieser Wert im Falle einer Klassifizierung als "Richtig" mit dem Wert zehn initialisiert, im Falle einer Klassifizierung als "Falsch" wird dieser Wert mit minus zehn initialisiert. Auch für alle folgenden Intervalle wird die Klassifizierung des jeweils vorangegangenen Intervalls für die Neuberechnung von ΔP herangezogen. Relevant hierbei ist hauptsächlich, ob sich die Klassifizierung im Vergleich zum Vorgängerintervall verändert hat. Bei der ersten gleichen Klassifizierung zweier hintereinander folgenden Intervalle bleibt ΔP erstmals konstant, sowohl hinsichtlich seines Betrages, als auch hinsichtlich seines Vorzeichens. Diese Konstanzhaltung bewirkt ein temporäres Gleichbleiben des Geschwindigkeitsanstieges oder der Geschwindigkeitsverringering.

Bei einer Reihe von drei gleichen Klassifizierungen in Folge wird ΔP mit 1,5 multipliziert, was den Betrag der Geschwindigkeitsänderung vom alten zum neuen Intervall nun stärker erhöht als die vorangegangene Geschwindigkeitsanpassung. Die Geschwindigkeit erhöht oder verringert sich in diesem Fall also um einen größeren Wert als vor dem letzten Intervall. Inhaltliche könnte für diesen Fall attestiert werden, dass die Aufgabe mit der Geschwindigkeit der letzten Intervalle zu einfach war, weshalb die Geschwindigkeit erhöht werden soll.

Kommt es zu einer Folge von vier gleichen Klassifizierungen, wird ΔP mit zwei multipliziert, bei allen weiteren größeren Folgen gleicher Klassifizierungen wird eine Multiplikation mit drei durchgeführt, wobei die Schrittweite mit einem maximalen Betrag von 15 nach oben begrenzt ist.

Ergibt sich von einem Intervall zum nächsten eine konträre Bewertung, das heißt zum Beispiel eine Klassifizierung als Falsch nach einer oder mehrerer richtigen Klassifizierungen oder umgekehrt, wird ΔP halbiert und mit minus eins multipliziert, was neben der Verringerung der Schrittweite auch zu einem Vorzeichenwechsel führt. Bei Kommastellen im Wert des Quotienten wird ΔP aufgerundet. Der Vorzeichenwechsel bewirkt einen Richtungswechsel der Geschwindigkeitsanpassung, würde also die Geschwindigkeit aufgrund der letzten Berechnung von ΔP erhöht werden, so wird sie durch den Vorzeichenwechsel nun verringert. Im Gegenzug wird im Falle eines Vorzeichenwechsels die Geschwindigkeit erhöht, sofern aufgrund der vorangegangenen Berechnung von ΔP die Geschwindigkeit verringert werden würde.

Bei einem Wechsel der Klassifizierungen von "Richtig" auf "Falsch" wechselt das Vorzeichen von ΔP von Plus auf Minus und die Schrittweite wird halbiert. Wechselt die Klassifizierung der Intervalle hingegen von "Falsch" zu "Richtig", so wechselt das Vorzeichen von Minus auf Plus, was eine Erhöhung der Geschwindigkeit und ein temporäres Konstantbleiben der Schrittweite bedeutet. Konträre Klassifizierungen beziehungsweise Vorzeichenwechsel sind ein Zeichen von Inkonsistenz, welches die

Halbierung der Schrittweite der Geschwindigkeitsadaptierung oder, im Falle eines Vorzeichenwechsels zu Plus, ein Konstanthalten rechtfertigt.

Sobald ΔP den Betrag von eins erreicht, die Schrittweite also nur noch eine geringe Geschwindigkeitsanpassung bewirkt, wird die Testung abgebrochen.

Die wichtigsten Regeln des Algorithmus lauten zusammengefasst:

- Wert des Quotienten aufrunden, wenn nicht ganzzahlig ($\Delta P = \lceil \Delta P \rceil$)
- Schrittweite ist mit dem Betrag von 15 nach oben begrenzt ($\Delta P \leq 15$)
- Schrittweite ist mit dem Betrag von eins nach unten begrenzt ($\Delta P \geq 1$)
- Konträre Klassifizierung: Vorzeichenwechsel, Halbierung und Aufrundung ($\Delta P_{neu} = \lceil \frac{\Delta P_{alt}}{2} \rceil * (-1)$)
- Gleiche Klassifizierung: Gestaffelte Erhöhung mit Multiplikatoren 1, 1,5, 2 und 3 bei gleichem Vorzeichen je nach Anzahl der vorangegangenen gleichen Klassifizierungen

Ein Beispiel einer Folge von Intervallen mit wechselnden Richtig- und Falschklassifizierungen inklusive fiktiver Werte für Geschwindigkeit und ΔP sowie Anmerkungen zur Berechnung finden Sie in Tabelle 4.

G_{alt}	Klassifizierung	G_{neu}	ΔP	Anmerkung
100	Richtig	110	10	<i>Initialisierung mit +10</i>
110	Richtig	120	10	<i>Gleicher Betrag, gleiches Vorzeichen</i>
120	Richtig	135	15	$\times 1.5$
135	Richtig	150	15	$\times 2$, <i>aber mit 15 begrenzt</i>
150	Richtig	165	15	$\times 3$, <i>aber mit 15 begrenzt</i>
165	Richtig	180	15	$\times 3$, <i>aber mit 15 begrenzt</i>
180	Richtig	195	15	$\times 3$, <i>aber mit 15 begrenzt</i>
195	Richtig	210	15	$\times 3$, <i>aber mit 15 begrenzt</i>
210	Falsch	202	-8	<i>Vorzeichenwechsel, /2, aufrunden</i>
202	Falsch	196	-8	<i>Gleicher Betrag, gleiches Vorzeichen</i>
196	Falsch	184	-12	$\times 1.5$
184	Richtig	190	6	<i>Vorzeichenwechsel, /2</i>
190	Richtig	196	6	<i>Gleicher Betrag, gleiches Vorzeichen</i>
196	Falsch	193	-3	<i>Vorzeichenwechsel, /2</i>
193	Richtig	195	2	<i>Vorzeichenwechsel, /2, aufrunden</i>
195	Falsch	194	-1	<i>Vorzeichenwechsel, /2</i>
Testende				

Tabelle 4: Tabelle mit Beispielberechnungen einer adaptiven Geschwindigkeitsanpassung (G =Geschwindigkeit)

8.2 Beschreibung der adaptiven Kreisgrößenanpassung

Das adaptive System der Schwierigkeitsanpassung in Bezug auf die Kreisgröße, respektive der Größe des Netzes ist analog zur adaptiven Anpassung der Objektgeschwindigkeit (Siehe Abschnitt 8.1). Lediglich die Richtung der Anpassung hinsichtlich

der Schwierigkeit ist im Vergleich zur Geschwindigkeitsanpassung invertiert. Während eine Erhöhung der Geschwindigkeit eine Erhöhung des Schwierigkeitslevels bewirkt, führt eine Erhöhung der Kreisgröße, also eine Erhöhung des Kreisradius hingegen zu einer Verringerung des Schwierigkeitslevels. Der oben angeführte Algorithmus kann zwar ebenfalls auf die Kreisgrößenanpassung angewandt werden, es muss jedoch das Vorzeichen der Formel (4) gewechselt werden, was für die adaptive Anpassung des Radius zu Formel (5) (R =Radius) führt.

$$R_{neu} = R_{alt} - \Delta P \quad (5)$$

In Tabelle 5 ist ein fiktives Beispiel für die adaptive Kreisgrößenanpassung inklusive der Radien, Schrittweiten, Klassifizierungen und Erklärungen für die Berechnung angeführt.

R_{alt}	Klassifizierung	R_{neu}	ΔP	Anmerkung
70	Richtig	60	10	<i>Initialisierung mit +10</i>
60	Richtig	50	10	<i>Gleicher Betrag, gleiches Vorzeichen</i>
50	Richtig	35	15	$\times 1.5$
35	Falsch	43	-8	<i>Vorzeichenwechsel, /2, aufrunden</i>
43	Falsch	51	-8	<i>gleicher Betrag, gleiches Vorzeichen</i>
51	Richtig	47	4	<i>Vorzeichenwechsel, /2</i>
47	Richtig	43	4	<i>gleicher Betrag, gleiches Vorzeichen</i>
43	Richtig	37	6	$\times 1.5$
37	Falsch	40	-3	<i>Vorzeichenwechsel, /2</i>
40	Falsch	43	-3	<i>gleicher Betrag, gleiches Vorzeichen</i>
46	Richtig	44	2	<i>Vorzeichenwechsel, /2, aufrunden</i>
44	Richtig	42	2	<i>gleicher Betrag, gleiches Vorzeichen</i>
42	Falsch	43	-1	<i>Vorzeichenwechsel, /2, aufrunden</i>
Testende				

Tabelle 5: Tabelle mit Beispielberechnungen einer adaptiven Kreisgrößenanpassung (R =Radius), Siehe auch Formel (5)

8.3 Algorithmus zur Feststellung der "optimalen" Geschwindigkeit

Das Prozedere zur Feststellung der "optimalen" Geschwindigkeit sieht zunächst vor, dass die Geschwindigkeiten aller Intervalle der Testung aufsteigend sortiert werden. Für jede dieser Intervallgeschwindigkeiten wird nun errechnet, wie viele Richtig-Klassifizierungen es mit niedrigerer Geschwindigkeit (RN) und wie viele Falsch-Klassifizierungen es mit höherer oder gleich großer Geschwindigkeit (FH) während der Testung gegeben hat. Angefangen von der niedrigsten Geschwindigkeit wird nun jene Geschwindigkeit gesucht, bei der entweder exakt gleich viele höhere korrekte und niedrigere falsche Klassifizierungen vorhanden sind oder der absolute Abstand der beiden errechneten Werte erstmals eins beträgt. In Tabelle 6 findet man die iterative Feststellung der "optimalen" Geschwindigkeit anhand der angeführten Vorgehensweise, wobei die verwendeten Daten aus Tabelle 4 stammen und die "opti-

male“ Geschwindigkeit in fettem Schriftstil und mit gepunkteter Linie gekennzeichnet ist.

Durchgangsnr.	Geschwindigkeit	Klassifizierung	FH	RN
1	100	Richtig	5	0
2	110	Richtig	5	1
3	120	Richtig	5	2
4	135	Richtig	5	3
5	150	Richtig	5	4
6	165	Richtig	5	5
7	180	Richtig	5	6
8	184	Richtig	5	7
9	190	Richtig	5	8
10	193	Richtig	5	9
11	195	Richtig	5	10
12	195	Falsch	4	11
13	196	Falsch	3	11
14	196	Falsch	2	11
15	202	Falsch	1	11
16	210	Falsch	0	11

Tabelle 6: Tabelle zur Illustrierung der Feststellung der “optimalen“ Geschwindigkeit mit nach Geschwindigkeit sortierten Daten aus Tabelle 4 (FH = Anzahl der Falsch-Klassifizierungen mit höherer Geschwindigkeit; RN = Anzahl der Richtig-Klassifizierungen mit niedrigerer Geschwindigkeit)

8.4 Algorithmus zur Feststellung des “optimalen“ Radius

Der Vollständigkeit halber sei auch der Algorithmus zur Feststellung des “optimalen“ Radius angeführt, wobei das Prozedere analog zur Feststellung der “optimalen“ Geschwindigkeit ist. Die Analogie ist allerdings mit der Einschränkung behaftet, dass die Richtung der Schwierigkeitssteigerung beim Radius invers ist. In diesem Fall muss die Sortierung ausgehend vom größten Radius bis hin zum kleinsten Radius geschehen. Zudem sollen folglich statt Falsch-Klassifizierungen mit höherer Geschwindigkeit jene Falsch-Klassifizierungen mit kleinerem Radius errechnet werden. Statt Richtig-Klassifizierungen mit niedrigerer Geschwindigkeit, wie bei der Feststellung der optimalen Geschwindigkeit, werden hier für jedes Intervall Richtig-Klassifizierungen mit größerem Radius errechnet. Anhand der Daten aus Tabelle 5 wird in Tabelle 7 in einem Beispiel angeführt, wie der “optimale“ Radius, der in der Tabelle in fettem Schriftstil und mit gepunkteten Linien gekennzeichnet ist, festzustellen ist.

8.5 Charakterisierung des Algorithmus

Der eben eingeführte Algorithmus bietet den Vorteil, auch kurzfristig auftretende Leistungseinbußen ausgleichen zu können, da relativ schnell wieder eine größere Geschwindigkeit beziehungsweise ein kleinerer Radius erreicht ist, ohne dass die

Durchgangsnr.	Radius	Klassifizierung	FK	RG
1	70	Richtig	6	0
2	60	Richtig	6	1
3	51	Richtig	6	2
4	50	Richtig	6	3
5	47	Richtig	6	4
6	46	Falsch	5	5
7	44	Richtig	5	5
8	43	Falsch	4	6
9	43	Richtig	4	6
10	42	Falsch	3	7
11	40	Falsch	2	7
12	37	Falsch	1	7
13	35	Falsch	0	7

Tabelle 7: Tabelle zur Illustrierung der Feststellung des "optimalen" Radius mit nach Radius sortierten Daten aus Tabelle 5 (FK = Anzahl der Falsch-Klassifizierungen mit kleinerem Radius; RG = Anzahl der Richtig-Klassifizierungen mit größerem Radius)

Testung abgebrochen wird. Nichtsdestotrotz bietet der Algorithmus eine gewisse Stabilität, da nicht chaotisch zwischen größeren oder kleineren Geschwindigkeiten, beziehungsweise zwischen größeren und kleineren Radien hin und her gesprungen wird. Wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben, wird bei einem häufigen Wechsel zwischen guter und schlechter Leistung das Ausmaß der Schwierigkeitsgradänderung geringer, wohingegen bei konstanter Leistung das Änderungsausmaß sukzessive vergrößert wird.

Der angeführte Algorithmus wurde in den Verfahren Periphere Wahrnehmung (PP) von Schufried, Prieler und Bauer (2000) und im Verfahren Flimmer/Verschmelzungsfrequenz (FLIM) von Schuhfried, Neuwirth und Eberhardt (2000) angewandt und wurde im vorliegenden Verfahren lediglich hinsichtlich des Umfangs der Geschwindigkeitsänderung beziehungsweise des Umfangs der Änderung des Radius adaptiert.

9 Operationalisierung

9.1 Auge-Hand-Koordination

Die Fähigkeit zur Auge-Hand-Koordination wird im vorliegenden Verfahren, ähnlich wie in der Studie von Mrotek und Soechting (2007), in welcher mittels eines druckempfindlichen Monitors (Touchscreen) der Abstand des Fingerdrucks von Probanden zu einem Zielobjekt ermittelt wurde, über die Genauigkeit von zielgerichteten motorischen Handlungen eruiert. Die Fähigkeit zur Auge-Hand-Koordination ist folglich dann stark ausgeprägt, wenn die motorische Handlung exakt ausgeführt wird, also die Entfernung einer Gliedmaße (zum Beispiel der Zeigefinger) oder eines Objektes von seiner geplanten Endposition möglichst gering ist. Konkret heißt das in diesem Fall, dass die Entfernung des Mittelpunktes des Objektes (Schmetterling) vom

Kreismittelpunkt des mit der Computermouse zu steuernden Objektes (Netz) ermittelt wird.

Aufgrund der speziellen Gegebenheiten des vorliegenden Verfahrens, nämlich der Notwendigkeit einer ständigen Adaptierung der Position des Objektes aufgrund der ständigen Positionsveränderungen des Zielobjektes, ergibt sich über alle Messzeitpunkte hinweg eine ganze Reihe von Entfernungswerten. Grundsätzlich gilt: Je geringer die Entfernung ist, desto genauer ist es einer Testperson möglich, die sensomotorische Aufgabe zu erfüllen und desto größer ist ihre Fähigkeit zur Auge-Hand-Koordination.

Da eine über die viele Zeitpunkte hinweg ermittelte durchschnittliche Entfernung jedoch keine Aussage darüber zulassen würde, ob es einer Testperson während der Testung überhaupt gelungen ist, das Netz über dem Schmetterling zu positionieren, was aber die eigentliche Aufgabe ist, ergibt sich die Notwendigkeit, neben dem gemittelten Entfernungskennwert einen weiteren Kennwert einzuführen.

Eine geringe gemittelte Entfernung des Netzes zum Schmetterling könnte theoretisch auch dann erzielt werden, wenn das Netz konstant mit geringem Abstand neben dem Zielobjekt gehalten werden würde, was aber nicht für eine stark ausgeprägte Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit sprechen würde, da eben die Genauigkeit der motorischen Handlung nicht gegeben sein würde.

Zudem sagt ein Wert für die durchschnittliche Entfernung alleine wenig über die Konstanz der Leistung aus, ob also zum Beispiel in der Hälfte der Zeit die Entfernung relativ hoch war und in einem anderen Teil der Testung sich das Netz ständig über dem Schmetterling befunden hat.

Daher wird während der Verfahrensdurchführung zusätzlich noch ermittelt, in welchem zeitlichen Verhältnis zur Gesamtzeit es gelungen ist, das Netz über dem Schmetterling zu halten. Die beiden Kennwerte werden in einem Index der Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit zusammengefasst. Genauere Hinweise zur Ermittlung und Berechnung der Hauptkennwerte und zu Nebenkennwerten befinden sich in Abschnitt 10.

9.2 Simultankapazität

Wie bereits in Abschnitt 2.3 ausgeführt, gibt es eine Begrenzung der Ressourcen der menschlichen Informationsverarbeitungskapazität. Vor allem bei gleichzeitiger Ausführung mehrerer Aufgaben ist es leicht möglich an ebendiese Begrenzung zu stoßen und eine "Überladung" zu produzieren. Wie Norman und Bobrow (1975, S. 45) ausführen, kommt es zu einer leichten Degradierung der Leistung in einer Aufgabe, wenn menschliche Prozesse überladen werden. Ebendiese Degradierung der Leistung durch parallele Ausführung zweier Aufgaben versucht das vorliegende Verfahren zu messen, indem es die Differenz der Leistung bei einfacher Aufgabenausführung zur Leistung bei Ausführung zweier Aufgaben misst. Konkret werden die Kennwerte der Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit zu Zeitpunkten der alleinigen Vorgabe der Grundaufgabe mit jenen zu Zeitpunkten paralleler Aufgabebearbeitung in Verbindung

gesetzt. Die Simultankapazität ist stark ausgeprägt, wenn die Leistungseinbußen während multipler Aufgabenbearbeitung im Vergleich zu singulärer Aufgabenbearbeitung gering sind und folglich schwach ausgeprägt, wenn große Leistungseinbußen bei paralleler Aufgabenbearbeitung zu beobachten sind. Selbstverständlich spielt auch die Lösung der Aufgaben eine Rolle, welcher durch Einbeziehung eines Kennwertes zur Aufgabenrichtigkeit Rechnung getragen wird.

Durch diesen Kennwert wird im Zuge der Verrechnung (Siehe Abschnitt 10) sichergestellt, dass, sollte bei paralleler Aufgabenvorgabe eine Aufgabe ignoriert werden und alle Ressourcen für die Bearbeitung einer anderen Aufgabe verwendet werden, sich diese Tatsache im Ergebnis widerspiegelt und der Kennwert für Simultankapazität drastisch reduziert wird.

10 Verrechnung und Kennwerte

In den folgenden Abschnitten werden Haupt- und Nebenkennwerte sowie Indizes eingeführt, beschrieben und deren Berechnungen, die sich anhand der Operationalisierung (Siehe Abschnitt 9) der Konstrukte ergeben, erläutert.

10.1 Auge-Hand-Koordination

Dieser Abschnitt beschreibt die Berechnung sowie die Bedeutung des Kennwertes für die Auge-Hand-Koordination (AHK).

10.1.1 Hauptkennwert Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit (AHK)

Die Abweichung, auf deren Basis die Berechnung des Kennwertes Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit erfolgt, beschreibt die Entfernung des Netzes (konkret vom Mittelpunkt des Netzes) vom Schmetterling (konkret Mittelpunkt des Schmetterlings (Siehe Abbildung 16)). Die Ermittlung dieses Abstandes erfolgt anhand der Formel (6).

$$\begin{aligned} \text{Abweichung} &= \sqrt{(X_2 - X_1) + (Y_2 - Y_1)} \\ &= \sqrt{\Delta_X + \Delta_Y} \end{aligned} \quad (6)$$

Diese Abweichung wird während der Testungsphase durchgehend alle zehn Millisekunden ermittelt. Diese Menge an Abweichungswerten wird nach der Testung gemittelt, was anhand der Formel (7) geschieht, wobei N die Summe aller Zeiteinheiten und i eine Laufvariable über alle Zeiteinheiten hinweg darstellt.

$$\text{Mittlere Abweichung} = \frac{\sum_{i=0}^N \text{Abweichung}_i}{N} \quad (7)$$

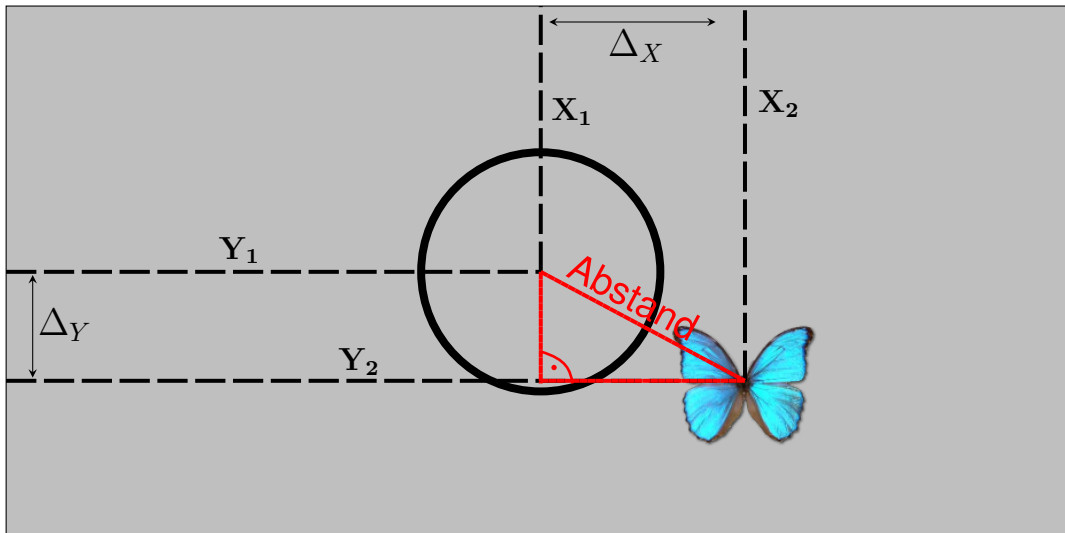


Abbildung 16: Illustration der Berechnung der Abweichung (Abstand=Distanz von Kreismittelpunkt zum Mittelpunkt des Schmetterlings in Pixeln; Δ_X =Differenz zwischen X-Wert des Kreismittelpunktes und X-Wert des Mittelpunktes des Schmetterlings = $X_2 - X_1$; Δ_Y =Differenz zwischen Y-Wert des Kreismittelpunktes und Y-Wert des Mittelpunktes des Schmetterlings = $Y_2 - Y_1$. Für die Berechnung des Abstandes siehe Formel (6))

Je höher die mittlere Abweichung ist, desto größer ist die durchschnittliche Entfernung des Netzes vom Schmetterling, was auf eine geringere Fähigkeit zur Auge-Hand-Koordination hindeutet (Siehe auch Abschnitt 9). Der Wert bewegt sich in einem Bereich von null Pixel bis zur theoretisch maximalen durchschnittlichen Abweichung von 1065 Pixel. Eine durchschnittliche Abweichung von null Pixel würde bedeuten, dass die Testperson während der gesamten Testung den Mittelpunkt des Netzes exakt über dem Mittelpunkt des Schmetterlings gehalten hätte und somit um keinen einzigen Bildpunkt vom Ziel abgewichen wäre. Die theoretische, maximale Abweichung errechnet sich durch die Größe des Feldes, auf dem sich das Objekt bewegt (934×566 Pixel) unter Berücksichtigung der Größe des Schmetterlings (40×40 Pixel) anhand der Formel (8).

$$\begin{aligned}
 \text{Theoretische Max. Abweichung} &= \sqrt{(\text{Max. X-Wert})^2 + (\text{Max. Y-Wert})^2} \\
 &= \sqrt{(934 - 20)^2 + (566 - 20)^2} \\
 &= \sqrt{914^2 + 546^2} \\
 &= 1064,67 \\
 &\doteq 1065
 \end{aligned} \tag{8}$$

Dieser maximale Abweichungswert ist ein theoretisches Maximum und würde lediglich möglich sein, wenn sich der Schmetterling pseudozufällig ausschließlich in einer beliebigen Ecke des Feldes bewegen würde und die Testperson das Netz ausschließlich im diagonal gegenüberliegenden Eck des Feldes steuern würde.

Reale gemittelte Abweichungen befinden sich aber in einem deutlich niedrigeren Wertebereich. Aufgrund der besseren Interpretierbarkeit wird dieser Wert für die Abweichung, der eine größere Fähigkeit bei kleineren Werten repräsentiert, umgepolt, sodass größere Werte auch gleichzeitig größere Fähigkeiten repräsentieren. Um diese Umpolung durchzuführen, bedarf es eines maximalen Abweichungswertes. Die Verwendung des theoretischen Maximums würde allerdings bewirken, dass im relativ großen Wertebereich (null bis 1065) vermutlich annähernd alle Werte in einem sehr kleinen Bereich streuen würden.

Die gemessenen mittlere Abweichungswerte befinden sich einem Bereich von zehn bis maximal 96 Pixel, wie sich auch aus den ersten praktischen Versuchen am Verfahren ableiten lässt. Aus diesem Grund wird dieses theoretische Maximum auf einen Wert von 96 Pixel begrenzt, das bei einer Punktdichte des Computerbildschirms von 96 dpi (dots per inch, Bildpunkte pro Zoll) einer durchschnittlichen Entfernung von einem Zoll beziehungsweise 2,54 cm entspricht.

Inhaltlich lässt sich diese Beschränkung zudem dadurch begründen, dass eine durchschnittliche Entfernung des Netzes von etwa $2\frac{1}{2}$ cm und mehr eine sehr starke, örtliche Abweichung darstellen würde, weshalb ein Kennwert für die Auge-Hand-Koordination mit dem Wert null, wie er aufgrund der Umformung bei dieser Abweichung entstehen würde, gerechtfertigt scheint.

Alle gemessenen, durchschnittlichen Abweichungen, die größer als 96 Pixel sind, werden fortan mit diesem Maximalwert gleichgesetzt (Siehe Formel (9)).

$$\text{Maximale Abweichung} = 96 \text{ Pixel} \quad (9)$$

Die oben angeführte Umpolung passiert anhand der Formel (10). Zusätzlich wird dieser Kennwert noch an der Zahl 100 relativiert, um die Interpretation zu vereinfachen. Der daraus resultierende Kennwert Auge-Hand-Koordination (AHK) beschreibt die durchschnittliche Nähe des Netzes zum Zielobjekt Schmetterling mit einer minimalen Ausprägung von null und einer maximalen Ausprägungen von 100, wobei niedrigere Werte geringere Nähe und höhere Werte größere Nähe zum Zielobjekt bedeuten.

$$\text{AHK} = \frac{\text{Maximale Abweichung} - \text{Mittlere Abweichung}}{96} * 100 \quad (10)$$

Hohe Werte in diesem Kennwert deuten auf hohe Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit hin, niedrige Werte deuten auf geringe Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit hin.

10.1.2 Nebenkennwerte

In den folgenden Abschnitten werden drei Nebenkennwerte eingeführt. Neben einem Kennwert für die Relation der Zeit des Schmetterlings innerhalb des Netzes zur Zeit außerhalb des Netzes wird auch auf zwei Kennwerte der adaptiven Messung eingegangen (Siehe Abschnitt 8), die Aussagen über die Auge-Hand-Koordination

unter erschwerten Bedingungen (schnelleres Objekt, kleineres Netz) zulassen.

I Nebenkennwert Auge-Hand-Koordination - Zeit (AHK-Z) Der Wert Fehlerprozent (FP), der gewissermaßen ein inverses Äquivalent der Auge-Hand-Koordination darstellt, wird über das Verhältnis der Dauer von Regelverletzungen zur Dauer von regelkonformen Verhalten errechnet. Wie bereits erwähnt, liegt regelkonformes Verhalten dann vor, wenn sich das Objekt zur Gänze innerhalb des Kreises befindet. Dies ist auf jeden Fall gegeben, wenn sich alle vier Eckpunkte des Objektes innerhalb des Kreises befinden. Dafür wird der Abstand d jedes der vier Eckpunkte vom Kreismittelpunkt anhand der Formel (11) mit Hilfe des Lehrsatzes des Pythagoras errechnet und mit dem Radius r verglichen. Eine Regelverletzung für einen Eckpunkt liegt dann vor, wenn der Abstand d größer als der Radius r ist, was in Formel (12) verdeutlicht wird. Sobald ein Eckpunkt außerhalb des Kreises liegt, sein Abstand vom Kreismittelpunkt also größer als der Radius ist, liegt eine Regelverletzung vor (Siehe Formel (13)). Abbildung 17 illustriert die Berechnung einer Regelverletzung.

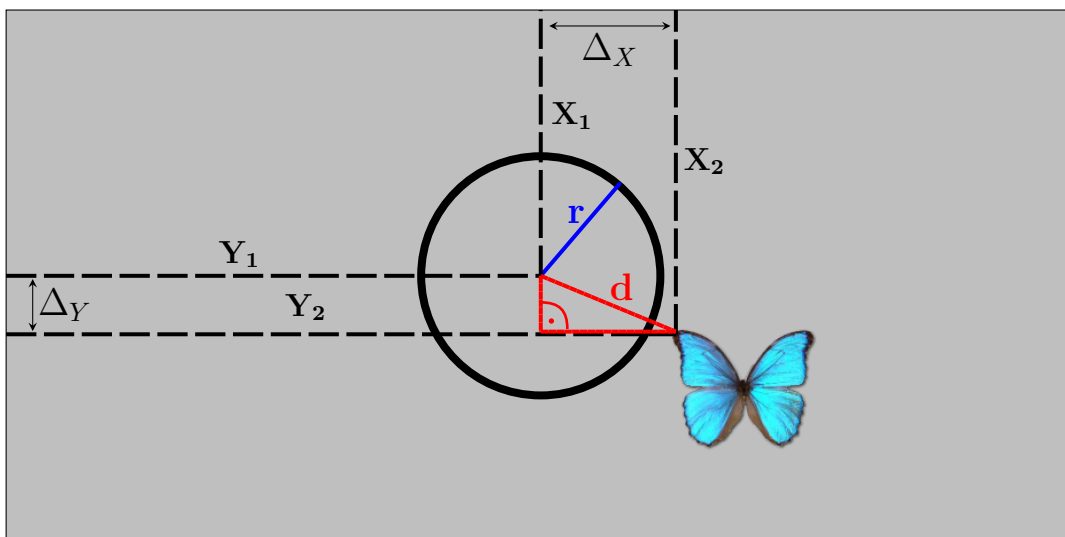


Abbildung 17: Illustration der Berechnung einer Regelverletzung (r =Netzradius; d =Distanz von Kreismittelpunkt zu Eckpunkt des Schmetterlings; Δ_X =Differenz zwischen X-Wert des Kreismittelpunktes und X-Wert des Eckpunktes des Schmetterlings = $X_2 - X_1$; Δ_Y =Differenz zwischen Y-Wert des Kreismittelpunktes und Y-Wert des Eckpunktes des Schmetterlings = $Y_2 - Y_1$. Für die Berechnung der Regelverletzung siehe Formel (13))

$$d = \sqrt{\Delta_X^2 + \Delta_Y^2} \quad (11)$$

$$\text{Regelverletzung Eckpunkt}_i \Leftrightarrow d > r \quad (12)$$

$$\text{Regelverletzung} \Leftrightarrow \left(\sum_{i=1}^4 \text{Regelverletzung Eckpunkt}_i \right) = 0 \quad (13)$$

In jeder Zehntelsekunde wird ermittelt, ob eine Regelverletzung vorliegt. Die Summe aller Regelverletzungen (pro Zehntelsekunde) wird dann mit der Gesamtzeit des Tests (in Zehntelsekunden) in Beziehung gesetzt (Siehe Formel (14)). Diese Beziehung drückt den Anteil von Zeitpunkten mit Regelverstößen an der Gesamtzeit aus und somit die Fähigkeit, die sensorische Information der Objektbewegung zu verarbeiten und in motorische Reaktionen im Sinne von Bewegungen mit der Maus umzuwandeln. Diese Beziehung der beiden gemessenen Werte wird mit Fehlerprozent (FP) Sensomotorik betitelt.

$$\text{Fehlerprozent (FP)} = \left(\frac{\text{Summe Zeiteinheiten mit Regelverletzung}}{\text{Summe Zeiteinheiten Gesamt}} \right) * 100 \quad (14)$$

Je höher der Fehlerprozentwert ist, desto größer ist der Fehleranteil (im Sinne von Regelverletzungen) an der Gesamtzeit und desto niedriger ist somit die Fähigkeit zur Auge-Hand-Koordination. Aufgrund der besseren Interpretierbarkeit wird der Wert FP, der inhaltlich den Fehleranteil beschreibt, in den Kennwert Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit - Zeit (AHK-Z) umgepolt (Siehe Formel (15)), der inhaltlich den „gelösten“ Anteil beschreibt.

$$\text{AHK-Z} = 100 - \text{FP} \quad (15)$$

Der Kennwert AHK-Z bewegt sich, wie auch der Wert FP, im Bereich von 0 bis 100, wobei ein hoher AHK-Z-Wert für eine gute und ein niedriger Wert für eine weniger gute Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit spricht.

II Nebenkennwert Optimaler Radius: Wie bereits in Abschnitt 8 beschrieben, ergibt sich im Zuge der Testphase Adaptive Kreisgrößenanpassung (Siehe Abschnitt 4.4) ein Kennwert für die „optimale“ Kreisgröße (Radius) in Pixel. Je kleiner dieser Wert für den Radius bestimmt wird, desto größer ist die Fähigkeit zur Auge-Hand-Koordination, da es auch gelingt, die sensomotorische Grundaufgabe in einem verkleinerten Zielbereich erfolgreich zu bewältigen.

III Nebenkennwert Optimale Geschwindigkeit: Der Kennwert „Optimale“ Geschwindigkeit ergibt sich aus der Testform „Adaptive Geschwindigkeitsanpassung“ (Siehe Abschnitt 4.4). Die Berechnung dieses Kennwertes folgt aus der Beschreibung des adaptiven Algorithmus (Abschnitt 8). Invers zum Kennwert „Optimale“ Kreisgröße beschreibt eine höhere „Optimale“ Geschwindigkeit eine größere Fähigkeit zur Auge-Hand-Koordination, da auch bei höheren Geschwindigkeiten des Zielobjektes die sensomotorische Grundaufgabe noch adäquat gelöst werden kann.

10.2 Simultankapazität

10.2.1 Kennwerte

In den folgenden Abschnitten werden drei Kennwerte eingeführt, die zwar in den Gesamtindex Simultankapazität eingehen, für dessen Interpretierbarkeit, beziehungsweise auch für die Nicht-Interpretierbarkeit dieses Indexes, können diese Kennwerte jedoch auch singulär von Relevanz sein.

I Einführung Differenzwert Zeit (SIKA-DZ): Analog zu Formel (14) wird ein Fehlerprozentwert während der Aufgabendarbietung (FPA) und ein Fehlerprozentwert ohne Aufgabendarbietung (FPO), also ein Fehlerprozentwert für die Phasen zwischen der Vorgabe einer zweiten Aufgabe, errechnet. Die Verrechnung der Simultankapazität beginnt mit dem Bilden der Differenz dieser beiden Fehlerprozentwerte und beschreibt somit die Verschlechterung oder Verbesserung der Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit aufgrund simultaner Aufgabenbearbeitung (Siehe Formel (16)), ohne die Lösung der Aufgaben zu berücksichtigen.

$$\text{Differenzwert FP} = \text{FPA} - \text{FPO} \quad (16)$$

II Einführung Differenzwert Nähe (SIKA-DN): Analog zur Berechnung des Differenzwertes Fehlerprozent kann auch ein Differenzwert für die mittlere Abweichung in Pixel während Aufgabenbearbeitung (AA) und ohne Aufgabenbearbeitung (AO) errechnet werden (Siehe Formel (17)). Diese Berechnung und die anschließende Kombination dieser beiden Kennwerte ergibt sich anhand der Überlegungen in Abschnitt 9.

$$\text{Differenzwert mittlere Abweichung} = \text{AA} - \text{AO} \quad (17)$$

Dieser Kennwert beschreibt, wie viel größer, beziehungsweise kleiner die Distanz des Netzes vom Schmetterling während paralleler Bearbeitung einer zweiten Aufgabe im Vergleich zu singulärer Bearbeitung der Grundaufgabe ist. Die Beschränkung des theoretischen Maximums von 1065 auf 96 Pixel aus Abschnitt 10.1.1 empfiehlt sich auch an dieser Stelle für den Abweichungswert ohne Aufgabe (AO). Beim Abweichungswert während Aufgabenbearbeitung (AA) liegt es nahe, den maximalen Wert höher anzusetzen, da anzunehmen ist, dass bei simultaner Aufgabenbearbeitung größere Werte für die Abweichung gemessen werden. Aus diesem Grund wird das Maximum für den Abweichungswert (AA) mit dem doppelten Wert von AO festgesetzt (Siehe Formel (18)).

$$\text{Maximale Abweichung bei Aufgabendarbietung (AA)} = 192 \quad (18)$$

Aufgrund der Subtraktion in Formel (17) ergibt sich ein vorläufiger Wertebereich für diese Differenz von -96 bis $+192$ (Siehe unten: "Relevanz für Interpretierbarkeit").

Neben dem Differenzwert Fehlerprozent trifft auch dieser Kennwert keine Aussage über die Lösung der zusätzlichen Aufgabebearbeitungen.

III Relevanz für die Interpretierbarkeit: Die beiden bisher eingeführten Differenzwerte haben einen Wertebereich von -100 bis $+100$ (Differenzwert FP), beziehungsweise von -96 bis $+192$ (Differenzwert Abweichung). Ein negativer Wert beider Differenzwerte bedeutet, dass sich die Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit während der Aufgabendarbietung und -bearbeitung im Vergleich zur Zeit zwischen der Aufgabendarbietung gesteigert hat. Diese Situation würde gegen eine funktionierende Testung respektive gegen vernünftige Interpretierbarkeit der Kennwerte sprechen, weshalb Testergebnisse dieser Art nicht interpretiert werden dürfen.

Daher wird der zugelassene Wertebereich dieser Differenzwerte beschnitten und lautet von nun an wie folgt (Siehe Formel (19)):

$$\text{Differenzwert FP} = [0, 100] \quad (19)$$

$$\text{Differenzwert Abweichung} = [0, 192]$$

IV Berechnung der Kennwerte SIKA-DZ und SIKA-DN: Analog zur Ermittlung der Kennwerte Auge-Hand-Koordination - Nähe (AHK-N) und Auge-Hand-Koordination - Zeit (AHK-Z) werden die errechneten Differenzwerte umgepolt und in eine Prozentzahl umgewandelt, was zu den Werten Simultankapazitätsdifferenz - Zeit (SIKA-DZ) und Simultankapazitätsdifferenz - Nähe (SIKA-DN) führt (Siehe Formel (20) und (21)). Die Umpolung hat, wie auch schon bei der Umpolung im vorherigen Abschnitt, inhaltliche Gründe und erleichtert die spätere Interpretation. Die Umrechnung in eine Prozentzahl ermöglicht eine bessere Kombinierbarkeit der beiden Werte.

$$\text{SIKA-DZ} = 100 - \text{Differenzwert FP} \quad (20)$$

$$\text{SIKA-DN} = 100 - \left(\frac{\text{Differenzwert Abweichung} * 100}{192} \right) \quad (21)$$

Für beide Kennwerte gilt, dass hohe Werte für eine geringe Differenz zwischen der Leistung (zeitlich und örtlich) bei simultaner Aufgabendarbietung und bei Darbietung der Grundaufgabe stehen und somit für geringere Leistungseinbußen durch Mehrfachbelastung sprechen.

V Konstanz: Die Kennwerte SIKA-DZ und SIKA-DN werden nun kombiniert und ergeben einen Kennwert für die Konstanz (K) bei Vorgabe einer einzelnen Aufgabe und bei der Vorgabe zweier Aufgaben. Die Interpretierbarkeit dieses Kennwertes ist ident zu den beiden Differenzwerten, nämlich deuten höhere Konstanz-Werte auf eine höhere Simultankapazität hin. Die Berechnung des Kennwertes K ist in Formel (22) nachzulesen.

$$\text{Konstanz (K)} = \frac{\text{SIKA-DZ} + \text{SIKA-DN}}{2} \quad (22)$$

Wie in Abschnitt 10.2.2 ersichtlich, wirkt sich dieser Kennwert auf den Index Simultankapazität in der Form aus, dass höhere Werte in diesem Kennwert auch höhere Werte des Indexes erwirken. Der Kennwert *Konstanz* ist relativ, das heißt es handelt sich um einen kombinierten Wert der Leistungseinbußen aufgrund einer Zusatzaufgabe, kann aber weder eine Aussage über die Leistung in der Grundaufgabe, noch über die Leistung in der Zusatzaufgabe treffen, sondern bezieht sich lediglich auf die Differenz zweier erbrachter Leistungen einer Person.

VI Prozentwert gelöste Aufgaben: Der dritte Kennwert der Simultankapazitätsmessung ist der Prozentwert der gelösten Aufgaben (PGA), da die korrekte Aufgabenbearbeitung ebenfalls der Simultankapazität zuzuordnen ist, wie in Abschnitt 9 bereits erläutert wurde. Dieser Kennwert errechnet sich anhand der Formel (23).

$$\text{PGA} = \frac{\text{Anzahl gelöster Aufgaben} * 100}{\text{Anzahl vorgegebener Aufgaben}} \quad (23)$$

Je höher dieser Prozentsatz ist, desto häufiger wurden die parallel zur Grundaufgaben zu bearbeitenden Aufgaben gelöst. In Abschnitt 10.2.3 befinden sich, spezifisch für jeden Aufgabentyp, Nebenkennwerte für die Lösungshäufigkeiten.

VII Mittlere Nähe: Der Kennwert Mittlere Nähe ist ein inverses Äquivalent zur mittleren Abweichung und wird, wie auch beim Hauptkennwert AHK, umgepolt, um eine Polung zu erhalten, bei der höhere Werte für bessere Leistung stehen (Siehe Formel (10)). Der Kennwert hat einen Bereich von null bis 100, wobei der Wert null für eine durchschnittliche Abweichung von 96 oder mehr Pixel des Netzes vom Schmetterling steht und der Wert 100 für eine durchschnittliche Abweichung von null Pixel.

10.2.2 Index Simultankapazität

Die eingeführten Kennwerte werden im Index für Simultankapazität (SIKA) multiplikativ kombiniert (Siehe Formel (24)).

$$\text{SIKA} = \text{Konstanz} * \text{PGA} * \text{Mittlere Nähe} \quad (24)$$

Bei Lösung aller vorgegebenen Zusatzaufgaben ergibt sich für den Kennwert PGA ein Wert von eins, der die Kombination des relativen Kennwertes für die Kosten mit dem gemittelten Abstand nicht beeinflusst und somit keinen wertmindernden Einfluss ausübt. Sollte im Zuge einer Testung keine Aufgabe gelöst werden, ergibt sich für den Kennwert PGA der Wert null, der aufgrund der Multiplikation auch zu einem Simultankapazitätswert von null führt. Diese Berechnung kann dadurch gerechtfertigt werden, dass eine Testperson sich nur auf die sensomotorische Grundaufgabe

konzentrieren könnte und auf die Bearbeitung der parallel durchzuführenden Aufgabe verzichten könnte. Diese Vorgehensweise würde vermutlich zu sehr geringen Differenzwerten und somit zu hohen Zwischenwerten (SIKA-DZ beziehungsweise SIKA-DN) führen, die Multiplikation mit dem Verhältnis von gelösten zu ungelösten Aufgaben hingegen erwirkt in diesem Fall einen Simultankapazitätswert von null, was inhaltlich nachvollziehbar ist.

Der relative Kennwert für die Konstanz geht in den Gesamtindex mit der Gewichtung von $\frac{1}{3}$ ein, kann aber, wie bereits erwähnt, keine Aussage über die Leistung in einer der beiden vorgegebenen Aufgaben tätigen, sondern lediglich über die Leistungseinbußen.

Der absolute Kennwert für die mittlere Nähe geht ebenfalls mit der Gewichtung von $\frac{1}{3}$ in die Berechnung des Gesamtindex ein und beschreibt die Leistung in der Grundaufgabe. Obwohl die Nähe bereits im relativen Maß Konstanz in den Gesamtindex eingeht, hat der Einfluss dieses absoluten Kennwertes seine Berechtigung, da die Konstanz eben durch den relativen Charakter keine Aussage über die Bearbeitung der Grundaufgabe zulässt. Eine Bearbeitung der Grundaufgabe mit einem konstant großen Abstand würde sich im Vergleich zu einer Bearbeitung der Grundaufgabe mit einem konstant kleinen Abstand in gleichem Maße auswirken. Die Miteinbeziehung des mittleren Abstandes hingegen relativiert den Gesamtindex um die Leistung in der Grundaufgabe.

Die Kombination dieser 3 Kennwerte kennzeichnet somit ein Zusammenwirken der Leistung der Grundaufgabe (Mittlere Nähe), der Leistung der Zusatzaufgabe (PGA) und der Konstanz (K), die ein invertiertes Äquivalent der Leistungseinbußen durch parallele Bearbeitung darstellt.

10.2.3 Nebenkennwerte

Neben dem Hauptkennwert für Simultankapazität (SIKA) lassen sich aus dem Verfahren noch weitere Nebenkennwerte ableiten.

I Reaktionszeit allgemein (RZA): Dieser Nebenkennwert beschreibt den Mittelwert der Reaktionszeiten der Testperson über alle Aufgabentypen hinweg. Die Beschreibung jener Zeitspanne, die als Reaktionszeit herangezogen wird, ist in den folgenden Abschnitten spezifisch zu jedem Aufgabentyp ausgeführt.

II Reaktionszeit spezifisch (RZS) - Visuell: Der Nebenkennwert Reaktionszeit spezifisch für die visuell-motorischen Aufgaben (Siehe Abschnitt 5.2.1), beschreibt die durchschnittliche Reaktionszeit auf das Wechseln des Objektes, die durch die Differenz des Zeitpunktes des Erscheinens des Objektes und dem Zeitpunkt des erfolgten Tastendrucks ermittelt wird. Wird ein Item nicht gelöst, zum Beispiel bei ausbleibender Reaktion oder bei einem Tastendruck vor dem Wechsel des Objektes, trägt dieses Item nicht zur durchschnittlichen Reaktionszeit bei.

III Reaktionszeit spezifisch (RZS) - Akustisch: Dieser Nebenkennwert beschreibt den Durchschnitt der Reaktionszeiten des Aufgabentyps "Visuell-akustisch-kognitiv-motorische Aufgabe" (Abschnitt 5.2.2). Die Reaktionszeit bezieht sich konkret auf die gemessene Zeit zwischen dem Ertönen des akustischen Reizes bis zur Betätigung der Leertaste respektive der Beantwortung der Aufgabe. Stimmt der akustische Reiz mit dem visuellen Reiz inhaltlich nicht überein, wodurch keine Taste zu drücken ist, trägt dieses Item nicht zur durchschnittlichen Reaktionszeit bei, da auch keine Reaktion erfolgen sollte. Selbst wenn fälschlicherweise eine Reaktion erfolgt, wird dieses Item nicht für die Berechnung der durchschnittlichen Reaktionszeit herangezogen.

Bei fehlender Reaktion auf ein Item, bei dem eigentlich eine Reaktion (Tastendruck) erfolgen sollte, wird das Item ebenfalls nicht zur Berechnung der gemittelten Reaktionszeit herangezogen.

IV Reaktionszeit spezifisch (RZS) - Logisch: Diese spezifische Reaktionszeit bezieht sich auf den Aufgabentyp "Logisch-motorische Aufgabe" (Abschnitt 5.2.3). Die Reaktionszeit ist die gemessene Zeit zwischen dem Erscheinen der Aufgabe bis zur Beantwortung. Nicht gelöste Aufgaben, sei es durch fehlende Reaktion oder durch die Auswahl eines falschen Elements, gehen nicht in die Berechnung der gemittelten Reaktionszeit ein.

V Fehlerprozent spezifisch (FPS): Diese Nebenkennwertgruppe beinhaltet Kennwerte, die die Fehlerprozentwerte während Aufgabenbearbeitungen spezifisch zu jedem Aufgabentyp wiedergeben. Konkret ergeben sich die drei folgenden Nebenkennwerte:

- Fehlerprozent spezifisch (FPS): visuell
- Fehlerprozent spezifisch (FPS): akustisch
- Fehlerprozent spezifisch (FPS): logisch

Diese Kennwerte erlauben eine Differenzierung der Leistung hinsichtlich Aufgabentypen, bei denen wiederum typischerweise gewisse Sinnesmodalitäten, beziehungsweise spezifische, mentale Operationen angesprochen werden.

VI Itemlösungen allgemein (ILA): Dieser Nebenkennwert beschreibt die Anzahl der gelösten Aufgaben über alle Aufgabentypen hinweg. Wie bereits ausgeführt, geht die Anzahl der gelösten Aufgaben in die Berechnung des Hauptkennwertes ein.

VII Itemlösungen spezifisch (ILS): Die Gruppe der Nebenkennwerte für spezifische Aufgabenlösungen beinhaltet Kennwerte für die Lösung von Aufgaben spezifisch für jeden Aufgabentyp.

- Itemlösungen spezifisch (ILS): visuell

- Itemlösungen spezifisch (ILS): akustisch
- Itemlösungen spezifisch (ILS): logisch

11 Datenerhebung

Die Datenerhebung am psychologisch-diagnostischen Verfahren teilt sich in einen Vortest, die Datengewinnung an der Eichstichprobe und die Vorgabe des Verfahrens an klinischen Stichproben, die sowohl in einem Krankenhaus als auch in den Räumlichkeiten der Universität Wien durchgeführt wurde, wie in den folgenden Kapiteln genauer beschrieben wird.

11.1 Vortest

Da es sich bei der Erstellung des vorliegenden Verfahrens um eine komplette Neuentwicklung ohne konkrete Erfahrungswerte im Bereich der Testentwicklung handelt, erschien es ratsam, im Vorfeld der Erhebung der Eichstichprobe einen Vortest anzustreben. Dieser Vortest wurde im Zeitraum Juli bis August 2010 an insgesamt 15 Personen durchgeführt. Die teilnehmenden Personen wurden gebeten, ihre Einschätzung über die Verständlichkeit der Instruktionen, die Dauer der Übungs- und Testphasen, die optische Umsetzung des Verfahrens und die Schwierigkeit der Aufgaben abzugeben sowie über etwaige technische Schwierigkeiten zu berichten. Einige Vorschläge und Kritikpunkte aus diesem Vortest wurden im Verfahren umgesetzt. So wurde zum Beispiel die Dauer der Testung der Verfahrensform Simultankapazität von zehn auf acht Minuten verkürzt. Zudem wurden die Instruktionen vereinfacht und verkürzt.

11.2 Eichstichprobe

Die Erhebung der Eichstichprobe wurde von Hogrefe Austria GesmbH. durchgeführt. Sie begann im Herbst 2010 und endete im Frühjahr 2011. Die Personen wurden von Hogrefe akquiriert und erhielten für die Teilnahme eine Abgeltung. Bei den Teilnehmern handelt es sich um eine repräsentative Stichprobe aus Österreich. Das Verfahren wurde insgesamt 93 Personen vorgegeben. Einem Teil dieser Stichprobe wurden zusätzlich zum Verfahren AHK-SIKA auch die Verfahren SIMKAP (Simultankapazität, Bratfish und Hagman 2008, 38 Personen) und SMK (Sensomotorische Koordination, Bauer, Guttmann, Leodolter und Leodolter 2003, 42 Personen) vorgegeben. Die so erhobenen Daten werden im Zuge einer Validitätsanalyse (Siehe Abschnitt 13.3.1) verwertet.

11.3 Krankenhaus Waiern

Die Datenerhebung im Krankenhaus der Diakonie Kärnten in Waiern fand in drei Tranchen statt. Aufgrund der eher niedrigen Zahl an Patientinnen und Patienten musste

die Erhebung zu drei verschiedenen Zeitpunkten stattfinden. Die Studie wurde den Damen und Herren im Vorfeld in den Grundzügen vorgestellt und dankenswerterweise haben sich jeweils etwa 10 Personen freiwillig zur Datenerhebung gemeldet. Die Erhebung selbst fand im Raum "Computerdiagnostik" im Krankenhaus Waiern statt, die teilnehmenden Personen wurden von Angestellten des Krankenhauses zum Diagnostikraum geführt. Die Testleitung hatte der Autor der Diplomarbeit inne, der eine weitere kleine Einführung gegeben sowie die Betreuung während der Testung übernommen hat. Die Daten der Erhebung sowie die Anzahl der Teilnehmenden Personen pro Termin sind in Tabelle 8 zu finden.

Datum	Teilnehmende Personen
17-18.02.2011	10
24-25.03.2011	10
20-21.04.2011	11

Tabelle 8: Daten und Anzahl der teilnehmenden Personen zu den einzelnen Terminen der Erhebung im Krankenhaus Waiern

Bei dieser Datenerhebung wurde sowohl die Verfahrensformen Auge-Hand-Koordination als auch die Verfahrensform Simultankapazität vorgegeben. Die teilnehmenden Personen hatten Hauptdiagnosen in den Bereichen F32, F33 und F34 des ICD 10 (Depressive Episode, Rezidierte depressive Störung beziehungsweise anhaltende affektive Störung, Dilling, 2010).

Die teilnehmenden Personen wirkten zum Großteil motiviert und interessiert. Besonders beeindruckend war die Teilnahme einer Dame die angab, noch nie einen Computer bedient zu haben, was nach dem ersten Kontaktversuch mit dem Computer auch glaubwürdig erschien. Nach einigen wenigen grundsätzlichen Erklärungen zum Umgang mit dem Computer respektive der Computermaus sowie einer Übungsphase des vorliegenden Verfahrens konnte sie ohne Probleme an der Testung teilnehmen.

11.4 Selbsthilfegruppe Schädel-Hirn-Trauma

Die Datenerhebung an insgesamt 13 Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Selbsthilfegruppe Schädel-Hirn-Trauma fand im April 2011 in den Räumlichkeiten der Universität Wien statt. Aufgrund der körperlichen Beeinträchtigung (zum Beispiel spastische partielle Lähmung) mancher Teilnehmerinnen und Teilnehmer konnte die Verfahrensform Simultankapazität nicht in allen Fällen durchgeführt werden, weil zu dessen Bearbeitung beide Hände voll einsatzfähig sein müssen. Aus diesem Grund ergibt sich eine unterschiedliche Anzahl von teilnehmenden Personen in beiden Verfahrensformen (Siehe Abschnitt 12.2.3).

Die Erhebung fand jeweils in einer Gruppengröße von zwei teilnehmenden Personen bei zwei bis drei betreuenden Personen statt. Die Testleitung hatte der Autor der vorliegenden Diplomarbeit inne, der bei der Betreuung von einer beziehungsweise zwei Kolleginnen unterstützt wurde. Die Testplätze waren mit Kopfhörern ausgestattet,

sodass es zu keiner akustischen Störung durch die Aufgaben der Verfahrensform Simultankapazität kommen konnte.

12 Datenauswertung und Hypothesenprüfung

12.1 Verwendete Programme

Die statistischen Berechnungen wurden primär mittels des Programms "SPSS Statistics" in der Version 17.0.0 (Deutsch) durchgeführt. Aufgrund teilweise fehlender Funktionalität wurden einige wenige Berechnungen im Statistikprogramm R in der Version 2.13.0 durchgeführt. Die Anwendung des Programmes R wird im Folgenden extra ausgewiesen. Unterstützende Makros wurden im Programm "Calc" des Officepaketes "Open Office" in der Version 3.2.1 erstellt.

12.2 Deskriptive Statistik der Stichproben

12.2.1 Eichstichprobe

An der Erhebung der Eichstichprobe nahmen 93 Personen (55 weiblich und 38 männlich) teil. Das durchschnittliche Alter der Teilnehmer beträgt 36,25 ($SD = 15,12$) und liegt im Bereich von 14 bis 66. Es wurde eine durchschnittliche Computererfahrung von 11,88 Jahren angegeben. Im Zuge der Datenerhebung gaben 78 Teilnehmer an, die rechte Hand zu bevorzugen, vier Teilnehmer gaben die linke Hand als bevorzugte Hand an und fünf Personen gaben an, beide Hände im gleichen Ausmaß einzusetzen. Der Rest der Teilnehmer machte keine Angabe über die Händigkeit (sechs Personen).

12.2.2 Klinische Stichprobe Waiern

An der Erhebung der Klinischen Stichprobe im Krankenhaus Waiern nahmen zu drei Zeitpunkten (Siehe Abschnitt 11) 31 Personen (21 weibliche, 10 männliche) mit einem Durchschnittsalter von 41,32 Jahren teil. Bezüglich der bevorzugten Hand wurde von 27 Personen die rechte Hand angegeben, von einer Person die linke Hand und von einer Person wurde angegeben, keine Hand zu bevorzugen (zwei Personen machten diesbezüglich keine Angabe). Die durchschnittliche Computererfahrung wurde mit 9,58 Jahren angegeben.

12.2.3 Klinische Stichprobe Selbsthilfegruppe für Personen mit Schädel-Hirn-Trauma

Die deskriptive Statistik (Anzahl, Geschlecht, Alter, Händigkeit) der Personen, die an der Erhebung teilgenommen haben, ist in Tabelle 9 nachzulesen. Wie bereits erwähnt, waren aufgrund körperlicher Beeinträchtigungen nicht alle teilnehmenden Personen in der Lage, die Verfahrensform Simultankapazität auszuführen, was die unterschiedliche Teilnehmeranzahl in den Verfahrensformen erklärt.

	Personen (m/w)	MW Alter (SD)	Hand (r/l/b/k)	MW Computererf. (SD)
AHK	13 (7/6)	45,92 (15,44)	(6/5/1/1)	13,38 (11,36)
SIKA	9 (6/3)	47,44 (12,76)	(5/2/2/0)	16,67 (11,58)

Tabelle 9: Deskriptive Statistik der teilnehmenden Personen an der Datenerhebung der Selbsthilfegruppe Schädel-Hirn-Trauma getrennt nach Verfahrensform (AHK = Auge-Hand-Koordination; SIKA = Simultankapazität; m = männlich; w = weiblich; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; r = rechts; l = links; b = beidhändig; k = keine Angabe)

12.3 Deskriptive Statistik der Verfahrenskennwerte

Die Berechnungen der folgenden Abschnitte beziehen sich ausschließlich auf Daten der Eichstichprobe.

Der Mittelwert, der Bereich (Minimal- und Maximalwert) sowie die Standardabweichung der jeweiligen Kennwerte ist aus Tabelle 10 für die Verfahrensformen Auge-Hand-Koordination und Simultankapazität zu entnehmen.

Verfahrensform	Kennwert	MW (SD)	Min.	Max.
AHK	AHK	84,19 (5,27)	59,81	89,75
	Optimaler Radius	38,26 (3,45)	32	50
	Optimale Geschwindigkeit	193,04 (55,44)	50	373
	AHK-Z	91,15 (8,57)	59,30	99,39
SIKA	SIKA	60,37 (15,76)	1,55	83,63
	Konstanz	92,83 (6,16)	43,50	99,47
	PGA	82,32 (14,18)	35,71	100
	Mittlere Nähe	77,64 (11,08)	4,92	88,64
	RZA	2,20 (0,25)	1,68	3,18
	RZS - Visuell	0,65 (0,21)	0,09	1,68
	RZS - Akustisch	1,00 (0,27)	0,65	2,22
	RZS - Logisch	4,99 (0,55)	3,66	6,22
	FPS - Visuell	19,15 (14,37)	3,03	72,63
	FPS - Akustisch	14,63 (13,29)	1,00	65,39
	FPS - Logisch	41,59 (18,59)	7,18	81,38
	ILA	40,10 (7,94)	20	56
	ILS - Visuell	14,35 (4,69)	0	17
	ILS - Akustisch	19,85 (2,60)	5	21
ILS - Logisch	11,89 (3,84)	0	18	

Tabelle 10: Auflistung der deskriptivstatistischen Kennwerte der Verfahrenskennwerte (MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Min = Minimalwert; Max = Maximalwert; Z = Zeit; SIKA = Simultankapazität; PGA = Prozentsatz gelöster Aufgaben; RZA = Reaktionszeit Allgemein; RZS = Reaktionszeit spezifisch; FPS = Fehlerprozent Spezifisch; ILA = Itemlösungen allgemein; ILS = Itemlösungen spezifisch)

12.3.1 Normalverteilung

Nicht zuletzt aus dem Grund, dass die Normalverteilung von Kennwerten Voraussetzung für einige statistische Verfahren ist, ist die Verteilung der erhobenen Kennwerte

eine relevante Information.

Die Prüfung auf Normalverteilung mittels des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests ergibt, dass die theoretische Annahme einer Normalverteilung beim Hauptkennwert AHK verworfen werden muss ($Z = 1,707$, $p = 0,006$).

Beim Hauptkennwert Simultankapazität kann die theoretische Annahme der Normalverteilung jedoch beibehalten werden ($Z = 1,105$, $p = 0,174$).

Eine Übersicht über die asymptotischen Signifikanzen und die Z-Werte befindet sich in Tabelle 11. Die SPSS-Ausgaben zum Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest sind in Anhang C.4 abgebildet, Histogramme inklusive Normalverteilungskurven (SPSS-Ausgabe) sind im Anhang C.1 zu finden.

Verfahrensform	Kennwert	Z	p
AHK	AHK	1,707	0,006
SIKA	SIKA	1,105	0,174

Tabelle 11: Übersicht über die asymptotischen Signifikanzen und die Z-Werte des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests der Hauptkennwerte der beiden Verfahrensformen ($Z =$ Kolmogorov-Smirnov-Z; $p =$ Signifikanzwert; AHK = Auge-Hand-Koordination; SIKA = Simultankapazität;). Die SPSS-Ausgaben sind in Anhang C.4 zu finden

12.3.2 Interkorrelationen der Kennwerte

In diesem Abschnitt soll geklärt werden, ob ein Zusammenhang der Verfahrenskennwerte existiert. Die Interkorrelationen sind aus Tabelle 12 für die Verfahrensform Auge-Hand-Koordination und aus Tabelle 13 für die Verfahrensform Simultankapazität zu entnehmen.

	AHK	Opt. Radius	Opt. Geschwindigkeit	AHK-Z
AHK	1	-0,658	0,698	0,812
Opt. Radius		1	-0,754	-0,681
Opt. Geschwindigkeit			1	0,619
AHK-Z				1

Tabelle 12: Interkorrelationen der Verfahrenskennwerte für die Verfahrensform Auge-Hand-Koordination (AHK = Auge-Hand-Koordination; Z = Zeit)

	SIKA	Konstanz	Mittlere Nähe	PGA
SIKA	1	0,456	0,765	0,904
Konstanz		1	0,226	0,208
Mittlere Nähe			1	0,549
PGA				1

Tabelle 13: Interkorrelationen der Verfahrenskennwerte für die Verfahrensform Simultankapazität (SIKA = Simultankapazität; PGA = Prozentsatz gelöster Aufgaben)

In der Verfahrensform Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit sind alle Korrelationen aller Kennwerte in erwarteter Richtung signifikant in einem absoluten Wertebereich

von 0,619 bis 0,812. Dies scheint wenig überraschend, weil alle Kennwerte verschiedene Aspekte der Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit beschreiben.

In der Verfahrensform Simultankapazität korrelieren ebenfalls alle Kennwerte im Bereich von 0,208 bis 0,904 in erwarteter Richtung signifikant miteinander.

12.4 Überprüfung der Hypothesen

In der folgenden Abschnitten werden die in Abschnitt 3 eingeführten Hypothesen überprüft.

12.4.1 Hypothese 1: Computererfahrung

Die Korrelationskoeffizienten der Computererfahrung und der Hauptkennwerte des Verfahrens sind aus Tabelle 14 abzulesen. Es konnten keine signifikanten Korrelationskoeffizienten gefunden werden, daher wird die Nullhypothese (H^1_0) beibehalten.

Verfahrensform (Kennwert)	Korrelationskoeffizient
AHK (AHK)	0,021
SIKA (Index SIKA)	-0,180

Tabelle 14: Auflistung der Korrelationskoeffizienten der Hauptkennwerte der Verfahrensformen mit der angegebenen Computererfahrung in Jahren (AHK = Auge-Hand-Koordination ; SIKA = Simultankapazität)

12.4.2 Hypothese 2: Händigkeit

Ob es hinsichtlich der bevorzugten Hand Unterschiede in den jeweiligen Kennwerten gibt, soll in diesem Abschnitt erkundet werden. In Tabelle 15 ist die Anzahl der Personen mit der jeweiligen Bevorzugung der Hand, beziehungsweise beider Hände, angeführt. Zudem sind der Tabelle der Mittelwert und die Standardabweichung der Hauptkennwerte zu entnehmen.

Bezeichnung	Personen	AHK: MW(SD)	SIKA: MW(SD)
Keine Information	1	72,86 (0,00)	65,79 (0,00)
Rechtshänder	84	84,38 (5,34)	60,64 (16,25)
Linkshänder	4	84,98 (3,21)	58,26 (16,25)
Beidhändig	4	82,41 (1,64)	55,47 (1,29)

Tabelle 15: Auflistung der Anzahl der Personen mit der jeweiligen Händigkeit sowie der Mittelwerte (MW) und der Standardabweichung (SD) der beiden Hauptkennwerte

Aufgrund der stark unterschiedlichen Gruppengrößen wird für diesen Mittelwertsvergleich der parameterfreie Kruskal-Wallis-Test herangezogen. Die Ergebnisse der Mittelwertsvergleiche befinden sich in Tabelle 16.

Verfahrensform	Kennwert	χ^2 (df)	p
AHK	AHK	6,16 (3)	0,104
	Optimaler Radius	7,01 (3)	0,720
	Optimale Geschwindigkeit	5,63 (3)	0,131
	AHK-Z	4,14 (3)	0,247
SIKA	SIKA	1,87 (3)	0,600
	Konstanz	3,58 (3)	0,310
	Mittlere Nähe	6,67 (3)	0,083
	PGA	0,27 (3)	0,966

Tabelle 16: Auflistung der Kennwert der Mittelwertsvergleiche der beiden Verfahrensformen hinsichtlich der Händigkeit (df = Freiheitsgrade; p = Signifikanzwert; AHK = Auge-Hand-Koordination; Z = Zeit; SIKa = Simultankapazität; PGA = Prozentsatz gelöster Aufgaben)

Es konnten keine signifikanten Mittelwertsunterschiede gefunden werden, daher wird die Nullhypothese (H^2_0) beibehalten.

12.4.3 Hypothese 3: Alter

Die Auflistung der Korrelationskoeffizienten des Alters und der Kennwerte der Verfahrensformen befindet sich in Tabelle 17.

Verfahrensform	Kennwert	Korrelationskoeffizient
AHK	AHK	-0,433 **
	Optimaler Radius	0,442 **
	Optimale Geschwindigkeit	-0,421 **
	AHK-Z	-0,454 **
SIKA	SIKA	-0,630 **
	Konstanz	-0,247 **
	Mittlere Nähe	-0,596 **
	PGA	-0,476 **

Tabelle 17: Auflistung der Korrelationskoeffizienten des Alters und der Kennwerte der Verfahrensformen (AHK = Auge-Hand-Koordination; SIKA = Simultankapazität; Z = Zeit; PGA = Prozentsatz gelöster Aufgaben; ** = Signifikant auf einem Niveau von 0,05)

Beide Hauptkennwerte sowie alle Nebenkennwerte korrelieren signifikant mit dem Alter, weshalb die Nullhypothese (H^3_0) verworfen wird. Je nach Polung der Kennwerte fällt die Korrelation positiv oder negativ aus. In allen angeführten Fällen bedeuten die Korrelationen, dass ältere Personen in beiden Verfahrensformen weniger leistungsfähig sind. Wie aus Abschnitt 1.7, beziehungsweise Abschnitt 2.5 zu entnehmen ist, ist mit dieser Abnahme der Leistungsfähigkeit im Alter in beiden Verfahrensformen zu rechnen. Um ältere Personen in den Testungen nicht zu benachteiligen, ist die Normierung daher grundsätzlich nach Altersgruppen getrennt vorzunehmen. Da dies jedoch die ohnehin eher geringe Stichprobengröße pro Kategorie drastisch reduzieren würde, muss von dieser Aufspaltung hier Abstand genommen werden. Stattdessen ist die Gültigkeit der Normstichprobe hinsichtlich des Alters zu reduzieren (Siehe Abschnitt 13.4 bzw. 13.10).

12.4.4 Hypothese 4: Geschlecht

In diesem Abschnitt soll herausgefunden werden, ob das Geschlecht einen moderierenden Effekt auf die Verfahrenskennwerte hat. Diese Überprüfung geschieht, wie aus Überlegungen von Kubinger, Rasch und Moder (2009) hervorgeht, mittels des Welch-Tests. Eine Auflistung der Ergebnisse der Mittelwertsvergleiche hinsichtlich des Geschlechts und der Kennwerte der jeweiligen Verfahrensformen befindet sich in Tabelle 18.

Der Hauptkennwert sowie alle Nebenkennwerte der Verfahrensform *Auge-Hand-Koordination* sind durchwegs signifikant unterschiedlich hinsichtlich der Geschlechtszugehörigkeit, was, wie in Abschnitt 1.8 erläutert, zu erwarten war. Anhand der Mittelwerte differenziert nach Geschlechtern (Siehe Tabelle 18) zeigen sich Vorteile für das männliche Geschlecht. Aus diesem Grund wird die Nullhypothese (H^4_0) für

Kennwert	Geschlecht (n)	Mittelwert (SD)	T-Wert (df)	p
AHK	männlich (38)	85,79 (3,32)	2,76 (87,04)	0,007
	weiblich (55)	83,08 (6,07)		
AHK-Opt. Rad.	männlich (38)	37,18 (3,26)	-2,59 (81,80)	0,011
	weiblich (55)	39,00 (3,40)		
AHK-Opt. Geschw.	männlich (38)	218,13 (59,28)	3,74 (65,94)	0,000
	weiblich (55)	175,39 (45,43)		
AHK-Z	männlich (38)	93,50 (7,15)	2,35 (89,52)	0,021
	weiblich (55)	89,52 (9,14)		
SIKA-SIKA	männlich (38)	64,39 (14,89)	2,109 (82,93)	0,038
	weiblich (55)	57,59 (15,88)		
SIKA Konstanz	männlich (38)	94,13 (3,45)	1,924 (81,69)	0,058
	weiblich (55)	91,93 (7,35)		
SIKA-PGA	männlich (38)	83,51 (15,54)	0,651 (71,19)	0,504
	weiblich (55)	81,49 (13,24)		
SIKA-Mittlere Nähe	männlich (38)	81,29 (5,76)	3,113 (79,57)	0,003
	weiblich (55)	75,11 (13,03)		

Tabelle 18: Ergebnisübersicht der Welch-Tests der verschiedenen Kennwerte hinsichtlich der Mittelwertvergleiche der beiden Geschlechter (n = Anzahl der Teilnehmer pro Geschlecht; SD = Standardabweichung; df = Freiheitsgrade; p = Signifikanzwert; Oberer Teil der Tabelle: Kennwerte der Verfahrensform AHK; Unterer Teil der Tabelle: Kennwerte der Verfahrensform SIKA; AHK = Auge-Hand-Koordination; SIKA = Simultankapazität; Opt. Rad. = Optimaler Radius; Opt. Geschw. = Optimale Geschwindigkeit; Z = Zeit; PGA = Prozentsatz gelöster Aufgaben)

die Verfahrensform Auge-Hand-Koordination verworfen. Wie bereits bei der Auswertung des Zusammenhanges der Kennwerte mit dem Alter (Siehe Abschnitt 12.4.3), müsste auch beim Geschlecht eine differenzierte Norm erstellt werden, da offensichtlich Unterschiede in den Geschlechtern existieren. Aufgrund der eher geringen Größe der Stichprobe muss von dieser Trennung abermals Abstand genommen werden, weil die separierten Gruppengrößen dann zu klein wären, was wiederum zu Ungunsten des Gütekriteriums Normierung (Siehe Abschnitt 13.4) beziehungsweise Fairness (Siehe Abschnitt 13.10) geht.

In der Verfahrensform *Simultankapazität* sind sowohl im Kennwert „Mittlere Nähe“ ($T = 3,113 (79,57)$, $p < 0,05$) als auch im Index Simultankapazität ($T = 2,109 (82,93)$, $p < 0,05$) signifikante Mittelwertsunterschiede in den Geschlechtern zu finden. Diese Unterschiede zeigen sich jeweils mit Vorteilen (höheren Mittelwerten) für das männliche Geschlecht.

Beim Kennwert „Mittlere Nähe“, der die Grundaufgabe beschreibt und somit einen starken sensomotorischen Charakter besitzt, verwundern die Geschlechtsunterschiede nicht (siehe Abschnitt 1.8). Da in keinem anderen Kennwert (PGA, Konstanz) Geschlechtsunterschiede auftreten, ist davon auszugehen, dass die Mittelwertsunterschiede im Index Simultankapazität aufgrund des Einflusses des Nebenkennwertes „Mittlere Nähe“ auftreten, der ja mit der Gewichtung von $\frac{1}{3}$ in den Index eingeht. Ähnlich wie bei Verfahrensform Auge-Hand-Koordination besteht also auch hier die

Notwendigkeit, eine nach den Geschlechtern differenzierte Norm zu erstellen. Aufgrund der Größe der Normstichprobe muss auch hier von dieser Trennung Abstand genommen werden (Siehe Abschnitt 13.4 beziehungsweise Abschnitt 13.10).

Die Nullhypothese (H^4_0) ist auch für die Verfahrensform Simultankapazität zu verwerfen.

12.4.5 Hypothese 5: Unterschiede in den Stichproben

Die folgenden Abschnitte behandeln die zu erwartenden, respektive nicht zu erwartenden Unterschiede in den Hauptkennwerten der Verfahrensformen hinsichtlich der verschiedenen Stichproben. Wie in Abschnitt 1.9 ausgeführt, ist aufgrund der Einschränkungen, welcher die klinische Stichprobe „Selbsthilfegruppe Schädel-Hirn-Trauma“ unterliegt, davon auszugehen, dass diese Personengruppe in beiden Verfahren schlechter im Vergleich zur Eichstichprobe abschneiden wird. Andererseits ist, wie in Abschnitt 2.6 ausgeführt, nicht damit zu rechnen, dass signifikante Unterschiede in den Kennwerten zwischen der Eichstichprobe und der klinischen Stichprobe des Krankenhauses Waiern (Depression) zu finden sind.

I Auge-Hand-Koordination Da die Voraussetzung Varianzhomogenität für die Anwendung einer Varianzanalyse nicht gegeben ist (Levene-Test: $F(2, 143) = 48,452, p < 0,05$), wurde der parameterfreie Kruskal-Wallis-Test zur Überprüfung der Mittelwertunterschiede der drei Stichproben in der Verfahrensform Auge-Hand-Koordination angewandt. In den drei Stichproben wurden signifikante Unterschiede ($\chi^2(2) = 16,143, p < 0,5$) festgestellt. Ein Post-Hoc-Test mittels des Wilcoxon-Vorzeichen-Rangsummen-Tests mit Bonferroni-Korrektur zeigt signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen „Eichstichprobe“ und „Schädel-Hirn-Trauma“ ($p < 0,05$) sowie zwischen den Gruppen „Depression“ und „Schädel-Hirn-Trauma“ ($p < 0,05$) mit jeweils niedrigeren Mittelwerten bei der Gruppe „Schädel-Hirn-Trauma“ (Siehe Tabelle 19). Ein Mittelwertdiagramm des Kennwertes Auge-Hand-Koordination in den verschiedenen Stichproben ist in Abschnitt C.2.1 zu finden. Die Nullhypothese (H^5_0) wird für die Verfahrensform Auge-Hand-Koordination verworfen.

Stichprobe	Mittelwert	SD
Eichstichprobe	84,19	5,27
Schädel-Hirn-Trauma	65,69	26,99
Depression	85,32	3,26

Tabelle 19: Auflistung der Mittelwerte und Standardabweichungen im Kennwert Auge-Hand-Koordination in den jeweiligen Stichproben (SD = Standardabweichung)

Anmerkung: Aufgrund der fehlenden Funktionalität der Post-Hoc-Testungen nach einem Kruskal-Wallis-Test in der verwendeten Version von SPSS wurde diese Berechnung im Statistikprogramm R durchgeführt (Siehe Abschnitt 12.1).

II Simultankapazität Die Überprüfung der Voraussetzungen der Anwendung einer einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) für die Untersuchung der Stichprobenunterschiede in der Verfahrensform Simultankapazität ergab, dass sowohl die Homogenität der Varianzen gegeben ist (Levene-Test: $F(2, 131) = 2,556$, $p = 0,081$) als auch, dass von einer Normalverteilung in den einzelnen Gruppen (Siehe Tabelle 20) auszugehen ist.

Stichprobe	K-S-Z	p
Eichstichprobe	1,105	0,174
Schädel-Hirn-Trauma	0,517	0,952
Depression	0,909	0,380

Tabelle 20: Auflistung der Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests zur Prüfung auf Normalverteilung des Index Simultankapazität in verschiedenen Stichproben (K-S-Z = Kolmogorov-Smirnov-Z; p = Signifikanzwert)

Die Stichproben unterscheiden sich im Index Simultankapazität signifikant voneinander (ANOVA: $F(2, 131) = 14,952$, $p = 0,0$). Post-Hoc-Tests mit Scheffé-Prozedur zeigen signifikante Unterschiede in den Gruppen Schädel-Hirn-Trauma und Eichstichprobe ($p = 0,0$) sowie in den Gruppen Schädel-Hirn-Trauma und Depression ($p = 0,0$), nicht jedoch in den Gruppen Eichstichprobe und Depression ($p = 0,549$). Ein Blick auf die Mittelwerte der jeweiligen Stichproben (Siehe Tabelle 21) zeigt, dass Personen mit Schädel-Hirn-Trauma schlechter im Kennwert Simultankapazität im Vergleich zu Personen anderer Stichproben abgeschnitten haben. Daher wird die Nullhypothese (H^5_0) auch für die Verfahrensform Simultankapazität verworfen. In Anhang C.2.2 befindet sich ein Mittelwertdiagramm des Kennwertes in den unterschiedlichen Stichproben.

Stichprobe	Mittelwert	SD
Eichstichprobe	60,37	15,76
Schädel-Hirn-Trauma	32,26	14,23
Depression	57,05	11,32

Tabelle 21: Auflistung der Mittelwerte und Standardabweichungen im Kennwert Simultankapazität in den jeweiligen Stichproben (SD = Standardabweichung)

12.4.6 Hypothese 6: Zusammenhang der Verfahrensformen

Da die beiden Verfahrensformen zwar unterschiedliche Konstrukte messen, der Kennwert für die mittlere Abweichung, respektive für die gemittelte Nähe aber in beiden Verfahrensformen in die Hauptkennwerte eingeht, ist mit einem gewissen Zusammenhang zu rechnen. Nichtsdestotrotz sollte dieser Zusammenhang gering ausfallen, da die gemittelte Nähe mit einer Gewichtung von $\frac{1}{3}$ in die Simultankapazität eingeht. Um dies zu überprüfen, wurde der Korrelationskoeffizient der Hauptkennwerte von jenen Personen der Eichstichprobe berechnet, bei denen Daten aus beiden Verfahrensformen vorliegen ($n = 85$). Da allerdings aus den vorigen Abschnitten bekannt ist, dass

sowohl das Alter (Siehe Abschnitt 12.4.3) als auch das Geschlecht (Siehe Abschnitt 12.4.4) einen moderierenden Einfluss auf die beiden Hauptkennwerte haben, wurde hier eine partielle Korrelation gerechnet, bei der der Einfluss der beiden Variablen (Alter und Geschlecht) kontrolliert wurde. Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,490. Die Korrelation ist signifikant und zeigt mit einem Bestimmtheitsmaß von etwa 24 % einen Zusammenhang auf, weshalb die Nullhypothese (H_0^6) verworfen wird.

12.4.7 Hypothese 7: Zusammenhang mit anderen Verfahren

Im Folgenden wird der Zusammenhang der Hauptkennwerte beider Verfahrensformen mit anderen Verfahren eruiert, die das gleiche oder ähnliche Konstrukte messen. Für diese Überprüfung stehen Daten des Verfahrens SMK (Bauer et al., 2003) und des Verfahrens SIMKAP (Bratfisch & Hagman, 2008) zur Verfügung, wobei der Zusammenhang der Verfahrensform Auge-Hand-Koordination mit dem Verfahren SMK und der Verfahrensform Simultankapazität mit dem Verfahren SIMKAP überprüft wird. Eine Kurzbeschreibung der beiden Verfahren ist in Abschnitt 14.1 beziehungsweise Abschnitt 14.2 zu finden.

Das Verfahren SMK erfasst die Auge-Hand, Hand-Hand bzw. Auge-Hand-Fußkoordination durch Steuerung eines Kreissegmentes mit Eigenbewegung im dreidimensionalen Raum (Bauer et al., 2003, S. 3). Der Hauptkennwert „Zeit im Idealbereich (in %)“ beschreibt den ...

Prozentsatz, wie lange sich das Kreissegment innerhalb einer Teilzeit im Idealbereich befand (100%=Kreissegment befand sich immer im Idealbereich). Als Idealbereich gilt: eine Abweichung von max. +/- 25 Pixel bei der horizontalen bzw. vertikalen Bewegung; eine Abweichung von max. +/- 25 Grad bei der Kippbewegung (Bauer et al., 2003, S. 9).

Das Verfahren SIMKAP erfasst die Simultankapazität ...

d.h. das Koordinieren mehrerer Aufgaben, die gleichzeitig aktuell gehalten werden müssen (geteilte Aufmerksamkeit bei kognitiven Tätigkeiten), sowie die Stresstoleranz (Bratfisch & Hagman, 2008, S. 3).

Der Hauptkennwert „Simultankapazität“ setzt sich additiv aus Wahrnehmungsschnelligkeit, Wahrnehmungsgenauigkeit und einem Kennwert für das Beantworten simultan vorgegebener Fragen zusammen. Es wurde die Kurzform (S2) des Verfahrens SIMKAP angewandt.

Die Korrelationskoeffizienten sind der Tabelle 22 zu entnehmen.

Verfahrensform	Externes Verfahren (n)	Korrelationskoeffizient
Auge-Hand-Koordination	SMK (42)	0,390
Simultankapazität	SIMKAP (39)	0,455

Tabelle 22: Auflistung der Korrelationskoeffizienten der jeweiligen Verfahrensform mit dem Außenkriterium (n =Anzahl der Teilnehmer)

Die beiden Korrelationen (Koeffizienten $r = 0,390$ für den Zusammenhang SMK und AHK beziehungsweise $r = 0,455$ für den Zusammenhang SIMKAP und SIKA) sind statistisch signifikant, weshalb die Nullhypothese (H^7_0) verworfen wird.

12.5 Itemanalyse

In den folgenden Abschnitten werden die Items, die, wie in Abschnitt 5.3 beschrieben wird, durch eine künstliche zeitliche Trennung der jeweiligen Verfahrensform entstanden sind, hinsichtlich ihrer Schwierigkeit, Trennschärfe und Homogenität analysiert.

12.5.1 Itemschwierigkeit

Die Itemschwierigkeit wird durch einen Index gekennzeichnet, der dem Anteil derjenigen Personen entspricht, die das Item richtig lösen oder bejahen (Bortz & Döring, 2006, S. 218)

Anmerkung des Autors: „... das Item richtig lösen oder bejahen“ ist ein Pleonasmus, besser wäre hier „... das Item lösen oder bejahen“.

Das Verfahren wurde, wie in Abschnitt 5.3 bereits erläutert, zeitlich in mehrere gleich große Teile separiert, es wurde also, aufgrund des Charakters des Verfahrens, künstlich in Items aufgeteilt. Da ein Item dieses Verfahrens nicht dichotom ist, das heißt nicht entweder gelöst oder nicht gelöst ist, muss die oben stehende Definition erweitert werden. Bei mehrstufigen Items wird die erreichte Punktzahl an der Zahl der zu vergebenen Punkte relativiert.

I Auge-Hand-Koordination Der Kennwert Auge-Hand-Koordination ergibt sich durch die Mittelung der örtlichen Abweichung des Kreises vom Schmetterling, konkret jeweils vom Mittelpunkt. Eine optimale Beantwortung eines Items passiert durch eine gemittelte Abweichung von null Pixel, was in einen Kennwert von 100 mündet. Beantwortungen eines Items mit einer größeren Abweichung münden wiederum in größerer gemittelter Abweichung und dadurch in einem niedrigeren Kennwert. Der Wertebereich eines Items im Kennwert Auge-Hand-Koordination erstreckt sich von null (96 oder mehr Pixel durchschnittliche Abweichung) bis maximal 100 (durchschnittliche Abweichung von null Pixel). Diese Bewertung, gemittelt über alle Personen der Eichstichprobe hinweg, beschreibt gleichzeitig die Itemschwierigkeit. Der Index der Itemschwierigkeit und die Standardabweichung des Kennwertes sind in Anhang D.1 nachzulesen.

Wenig überraschend sind die Itemschwierigkeiten der einzelnen Items nur geringfügig unterschiedlich, was durch die künstliche, zeitliche Trennung des Verfahrens in Items erklärbar ist. Die Itemschwierigkeiten befinden sich in einem Bereich von 0,82 bis 0,87 und sind damit durchaus informativ. Aufgrund der Beschaffenheit des Verfahrens, respektive der Aufgabenvorgabe ist klar, dass es zu keiner sonderlich

großen Streuung der Itemschwierigkeiten kommen kann. Ein größerer Streubereich der Itemschwierigkeiten wäre dennoch wünschenswert.

II Simultankapazität Wie aus Abschnitt 10 zu erfahren ist, setzt sich der Gesamtindex Simultankapazität aus drei Kennwerten zusammen. Ident dazu wird die Schwierigkeit eines Items über diese Kennwerte, nämlich dem Kennwert Konstanz, der mittleren Nähe und der Aufgabenlösung ermittelt. Ein Item ist somit optimal beantwortet, wenn die Differenzwerte null und somit einen Konstanzwert von 100 ergeben, also keine Leistungseinbußen durch parallele Bearbeitung der Zusatzaufgabe auftreten, als auch die Zusatzaufgabe gelöst wird und die mittlere Abweichung des Netzes vom Schmetterling null beträgt. Eine optimale Bearbeitung ergibt den Kennwert eins, weniger optimale Bearbeitungen verringern diesen Kennwert bis hin zu einem Wert von null. Die drei Kennwerte werden, wie auch der Gesamtindex, multiplikativ kombiniert. Die Lösung der Zusatzaufgabe geht mit dem Gewicht von eins in die Berechnung ein, bei falscher Bearbeitung wird mit 0,5 statt mit null multipliziert, da eine derartige Multiplikation den Gesamtkennwert auf null senken würde. Die Itemschwierigkeit eines Items errechnet sich durch eine Mittelung dieses Kennwertes über alle Personen der Eichstichprobe hinweg. Eine Auflistung der Itemschwierigkeitsindizes sowie der jeweiligen Standardabweichung des Item-Kennwertes befindet sich in Anhang D.2. Die Schwierigkeitsindizes befinden sich im Bereich von 0,27 bis 0,58 und sind durchaus informativ.

12.5.2 Trennschärfe

Der Trennschärfe eines Items ist zu entnehmen, wie gut das Testergebnis aufgrund der Beantwortung eines einzelnen Items vorhersagbar ist (Bortz & Döring, 2006, S. 219).

I Auge-Hand-Koordination Die Trennschärfekoeffizienten der Verfahrensform Auge-Hand-Koordination befinden sich in Anhang E.1. Die Koeffizienten befinden sich im Bereich von 0,4 bis 0,8, was als zufriedenstellend anzusehen ist. Die einzelnen Items können somit relativ „scharf“ zwischen Personen mit hoher und niedriger Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit trennen.

II Simultankapazität In Anhang E.2 befinden sich die Trennschärfekoeffizienten der Verfahrensform Simultankapazität getrennt nach Aufgabentyp, die sich in einem Bereich von $-0,17$ bis $0,73$ bewegen. Bei hohen Trennschärfen können die einzelnen Items relativ „scharf“ zwischen Personen mit hoher und niedriger Simultankapazität trennen, was leider bei einigen Items nicht der Fall ist. Vor allem im Typ „Logische Aufgabe“ befinden sich aber angemessen hohe Trennschärfekoeffizienten (Mittelwert = $0,44$, siehe Anhang E.2).

12.5.3 Homogenität

Die Homogenität $\overline{r_{ii'}}$ gibt an, wie hoch die einzelnen Items eines Tests im Durchschnitt miteinander korrelieren. Bei hoher Homogenität erfassen die Items eines Tests ähnliche Informationen (Bortz & Döring, 2006, S. 220)

I Auge-Hand-Koordination Die Homogenität der Verfahrensform Auge-Hand-Koordination beträgt 0,906 (Cronbach-Alpha) bei 23 Items und kann als sehr zufriedenstellend angesehen werden, da laut Definition davon ausgegangen werden kann, dass die Items ähnliche Informationen erfassen.

II Simultankapazität Für die Items der Verfahrensform Simultankapazität wurde ein Homogenitätskoeffizient (Cronbach-Alpha) von 0,822 bei 55 Items errechnet. Die Höhe dieses Koeffizienten kann als absolut zufriedenstellend angesehen werden, da bei hohen Homogenitätskoeffizienten davon ausgegangen werden kann, dass die Items ähnliche Informationen erfassen.

13 Gütekriterien

13.1 Objektivität

Objektivität steht für das Ausmaß, in dem die Ergebnisse eines Tests unabhängig von der Person des Untersuchungsleiters sind (Amelang & Schmidt-Atzert, 2006, S. 138).

Da beim vorliegenden Verfahren sowohl die komplette Instruktion als auch die komplette Durchführung der Testung am Computer stattfindet, kann davon ausgegangen werden, dass *Testleiterunabhängigkeit* vorliegt. Hinsichtlich der *Verrechnungssicherheit* ist anzumerken, dass die Berechnung der Kennwerte ebenfalls computerisiert passiert, weshalb auch dieser Aspekt der Objektivität als gegeben anzunehmen ist. Durch die Verfügbarkeit von Normtabellen, die eine „Umrechnung“ der Rohwerte in Prozenträge einfach ermöglicht, ist die Attestierung der *Interpretationseindeutigkeit* naheliegend.

13.2 Reliabilität

Die Reliabilität beschreibt die Genauigkeit, mit der ein Test eine Merkmalsdimension erfasst, und zwar unter der Vernachlässigung des Umstandes, ob es sich dabei auch um die Merkmalsdimension handelt, deren Erfassung intendiert ist (Amelang & Schmidt-Atzert, 2006, S. 141).

13.2.1 Innere Konsistenz

In Tabelle 23 befindet sich eine Auflistung der Skalen der jeweiligen Testform inklusive der errechneten Cronbach-Alpha-Werte für die Innere Konsistenz. Die SPSS-Ausgaben der Reliabilitätsberechnungen befinden sich in Anhang C.3.

Testform	Skala	Cronbach-Alpha	SPSS-Ausgabe
AHK	AHK	0,906	Anhang C.3.1
	AHK-Z	0,955	Anhang C.3.2
SIKA	SIKA	0,822	Anhang C.3.3
	Mittlere Nähe	0,981	Anhang C.3.4
	Konstanz	0,502	Anhang C.3.5

Tabelle 23: Auflistung der Reliabilitätskennwerte (Cronbach-Alpha) der unterschiedlichen Kennwerte (AHK= Auge-Hand-Koordination; SIKA=Simultankapazität; Z = Zeit)

Die Reliabilitätskennwerte (Cronbach-Alpha) der Inneren Konsistenz für die Hauptkennwerte betragen 0,906 und 0,822. Unter den Nebenkennwerten fällt die „Konstanz“ mit einem niedrigen Reliabilitätswert von 0,502 auf. Hinsichtlich der Hauptkennwerte kann dennoch *Innere Konsistenz* als gegeben angenommen werden.

Daten zur *Retest-Reliabilität* liegen nicht vor.

13.3 Validität

Unter Validität wird das Maß an Genauigkeit verstanden, mit dem der Test dasjenige Persönlichkeits- oder Verhaltensmerkmal misst, dass er messen soll oder zu erfassen vorgibt (Amelang & Schmidt-Atzert, 2006, S. 149).

13.3.1 Kriteriumsvalidität

Für das sogenannte Außenkriterium dieser Form der Validität wurden Testergebnisse des Verfahrens SMK (Bauer et al., 2003) für die Verfahrensform Auge-Hand-Koordination sowie Testergebnisse des Verfahrens SIMKAP (Bratfisch & Hagman, 2008) für die Verfahrensform Simultankapazität herangezogen (Siehe Abschnitt 12.4.7). Die Korrelationskoeffizienten sind mit 0,390 und 0,455 statistisch in erwarteter Richtung signifikant. Diese Form der Validitätsbestimmung birgt immer auch das Risiko, dass beim Außenkriterium eine mangelhafte Messung vorliegt, wovon bei den Verfahren SMK (Bauer et al., 2003) und SIMKAP (Bratfisch & Hagman, 2008) grundsätzlich nicht auszugehen ist. Wenngleich ein höherer korrelativer Zusammenhang wünschenswert erscheint, ist dem Verfahren *Kriteriumsvalidität* zu attestieren.

13.3.2 Konstruktvalidität

Im Ansatz von Campbell und Fiske (1959) werden konstruktnahe und konstruktferne Tests in Bezug auf den Zusammenhang mit einem Verfahren untersucht. Ergebnisse konstruktnaher Tests sollten im Sinne der konvergenten Validität in einem hohen, Ergebnisse konstruktferner Tests hingegen im Sinne der diskriminanten Validität in keinem Zusammenhang mit dem untersuchten Verfahren stehen.

Die Korrelationskoeffizienten der Hauptkennwerte des vorliegenden Verfahrens mit den jeweils konstruktnahen Tests sind, wie aus Abschnitt 12.4.7 ersichtlich, signifikant ($r(SMK, AHK) = 0,390$ beziehungsweise $r(SIMKAP, SIK A) = 0,455$,). Die konstruktfernen Verfahrensformen Auge-Hand-Koordination und Simultankapazität sind allerdings ebenfalls signifikant ($r(AHK, SIK A) = 0,490$), was eine Verletzung der diskriminanten Validität bedeutet. Dieser Zusammenhang lässt sich durch die Verrechnung des Konstruktes Simultankapazität zwar erklären, er ist aber dennoch unerwünscht. Aus diesem Grund kann dem vorliegenden Verfahren *Konstruktvalidität* nicht in vollem Ausmaß attestiert werden.

13.3.3 Extremgruppenvalidierung

Das Verfahren kann, wie in Abschnitt 12.4.5 ausgeführt wurde, zwischen der Eichstichprobe und der Extremgruppe Schädel-Hirn-Trauma, die laut klinischem Störungsbild Einschränkungen in der Informationsverarbeitung unterliegt, weswegen mit geringerer Leistungsfähigkeit in beiden Verfahrensformen zu rechnen ist, angemessen differenzieren. Eine Extremgruppenvalidierung in die leistungsstärkere Richtung, verglichen mit der Eichstichprobe, steht allerdings aus und kann somit nicht bewertet werden.

13.4 Normierung

Ein Test erfüllt das Gütekriterium Normierung, wenn für sein Bezugssystem zur Relativierung des individuellen Testergebnisses (die sog. "Normen") folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Die Normen sind gültig, d.h. nicht veraltet,
- die Population, für die die Normen gelten, ist definiert,
- die für die Erstellung der Normen herangezogene Stichprobe ist repräsentativ (Kubinger, 2006, S. 64).

Die Aktualität der Normierung kann als gegeben angesehen werden (Erhebungszeitraum 2010 bis 2011). Die Population, für die die Norm gilt, ist mit Personen aus Österreich ab einem Alter von 16 klar definiert, wobei es keinen offensichtlichen Grund gibt, warum diese Normen nicht im gesamten deutschsprachigen Raum gelten sollten. Nichtsdestotrotz müsste diese Erweiterung des Geltungsbereiches durch eine weitere Studie belegt werden. Darüber hinaus ist es durchaus von Interesse, nach einer Übersetzung der Instruktion in andere Sprachen die Gültigkeit der Normen auch in nicht deutschsprachigen Gebieten zu überprüfen.

Die Repräsentativität der Stichprobe, die für die Normierung herangezogen wurde, ist laut Information der Firma Hogrefe Austria GmbH gegeben. Die Tatsache, dass in beiden Verfahrensformen ein Geschlechterunterschied zu bestehen scheint und darüber hinaus Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit und Simultankapazität im Alter abzunehmen scheinen, erzwingt die Erstellung separater Normen für die Geschlechter und für Altersgruppen. Aufgrund der ohnehin niedrigen Stichprobengröße kann diese Aufspaltung der Normen nicht durchgeführt werden, was dazu führt, dass das Gütekriterium *Normierung* nicht als vollständig erfüllt anzusehen ist. Eine Vergrößerung der Eichstichprobe ist erforderlich, um die notwendigen Trennungen vornehmen zu können. Nichtsdestotrotz sind die Normtabellen für die Haupt- und Nebenkennwerte im Anhang in Abschnitt F zu finden.

13.5 Skalierung

Ein Test erfüllt das Gütekriterium Skalierung, wenn die laut Verrechnungsvorschriften resultierenden Testwerte die empirischen Verhaltensrelationen adäquat abbilden (Kubinger, 2006, S. 79).

Das vorliegende Verfahren bildet in seinen Kennwerten aufgrund der computerisierten Messung von Leistungen, den darauf folgenden nachvollziehbaren und auf hohem Skalenniveau stattfindenden Transformierungen und Kombinationen aus der Sicht des Autors die empirischen Verhaltensrelation adäquat ab. Daher lassen sich sowohl intra- als auch interindividuelle Unterschiede problemlos vergleichen.

13.6 Ökonomie

Ein Test erfüllt das Gütekriterium Ökonomie, wenn er, gemessen am diagnostischen Informationsgewinn, relativ wenig Ressourcen (Zeit und Geld) beansprucht (Kubinger, 2006, S. 94).

Die Durchführungsdauer der Verfahrensform Auge-Hand-Koordination beträgt maximal 12 Minuten, für die Durchführung der Verfahrensform Simultankapazität sollten etwa 15 Minuten eingeplant werden. Insgesamt scheint die zeitliche Ressourcenallokation absolut vertretbar, zumal das Verfahren als Gruppentest vorgegeben werden kann. Wenngleich sich der diagnostische Informationsgewinn in der praktischen Anwendung noch herausstellen muss, sind die gegebenen Kennwerte des Verfahrens umfangreich und erlauben, durch die Einbeziehung von Nebenkennwerten, detaillierten Informationsgewinn. Insgesamt ist dem Verfahren aus den angeführten Gründen daher ein *ökonomischer Charakter* zu attestieren.

13.7 Nützlichkeit

Ein Test ist dann nützlich,

- wenn für das von ihm gemessene Merkmal praktische Relevanz besteht und
- die auf seiner Grundlage getroffenen psychologischen Entscheidungen (Maßnahmen) mehr Nutzen als Schaden erwarten lassen (Kubinger, 2006, S.107).

Die praktische Relevanz der gemessenen Konstrukte (Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit und Simultankapazität) ist, wie in Abschnitt 7 angeführt, in zwei Bereichen festzustellen.

Hinsichtlich einer klinischen Anwendung könnte das Verfahren Auskunft über das Ausmaß der Beeinträchtigung der Auge-Hand-Koordination geben und somit unter anderem Hinweise auf fehlende Fahrtüchtigkeit geben. Die Simultankapazität beschreibt einen Teil der Informationsverarbeitung sowie deren Geschwindigkeit und könnte somit im klinischen Bereich zur Beschreibung der Einschränkung beitragen. Die Nebenkennwerte wie Reaktionszeit oder die Aufgabenlösung in spezifischen Kategorien könnten einen deskriptiven Beitrag zum Ausmaß der Einschränkung leisten.

In einer Anwendung im Bereich der Selektionsdiagnostik sind die gemessenen Konstrukte von praktischer Relevanz, da sie in einigen Berufsbildern und Berufssparten als essentiell angesehen werden können. Am naheliegendsten ist die Notwendigkeit einer stark ausgeprägten Auge-Hand-Koordination für Piloten, Kranführer oder Chirurgen. Eine stark ausgeprägte Simultankapazität, also die Fähigkeit mehrere Aufgaben zur gleichen Zeit auszuführen, empfiehlt sich für eine ganze Reihe von

Berufsbildern. Unter anderem findet sich die Simultankapazität in den Anforderungen des Berufsbildes Fluglotse.

Auf der Basis dieses Verfahrens getroffene Maßnahmen lassen in jeden Fall mehr Nutzen als Schaden erwarten, da sich der objektive Charakter des Verfahrens für eine faire Entscheidungsfindung (zum Beispiel Personalauswahl) anbietet.

Aus den angeführten Gründen ist dem Verfahren *Nützlichkeit* zuzuschreiben.

13.8 Zumutbarkeit

Ein Test erfüllt das Gütekriterium Zumutbarkeit, wenn er die Testperson absolut und relativ zu dem aus seiner Anwendung resultierenden Nutzen in zeitlicher, psychischer (insbesondere energetisch-motivationaler und emotionaler) sowie körperlicher Hinsicht schont (Kubinger, 2006, S. 111).

Das Verfahren schont Testpersonen in zeitlicher Hinsicht durch eine relativ kurze Durchführungsdauer von 12 beziehungsweise 15 Minuten. Es lässt sich weiter kein Anhaltspunkt finden, in dem das Verfahren psychisch oder körperlich Schaden an der Testperson anrichtet. Daher ist das Verfahren als *zumutbar* anzusehen.

13.9 Unverfälschbarkeit

Ein Test erfüllt das Gütekriterium Unverfälschbarkeit, wenn die getestete Person ihr Testergebnis nicht oder nur unwesentlich nach eigenem Belieben beeinflussen kann (Kubinger, 2006, S. 114).

Da das Verfahren der Konzeption eines speziellen Leistungstests entspricht, ist eine Beeinflussung der Testergebnisse lediglich eine leistungsmindernde Richtung möglich. In der Regel wird aber ebendiese Beeinflussung keinen Sinn haben. Daher ist *Unverfälschbarkeit* in diesem Fall als gegeben anzunehmen.

13.10 Fairness

Ein Test erfüllt das Gütekriterium Fairness, wenn die resultierenden Testwerte zu keiner systematischen Diskriminierung bestimmter Testpersonen zum Beispiel aufgrund ihrer ethnischen, soziokulturellen oder geschlechtsspezifischen Gruppenzugehörigkeit führen (Kubinger, 2006, S. 118).

Die faire Verteilung der erhobenen Kennwerte ist, wie bereits in Abschnitt 13.4 angeführt, für das Geschlecht und das Alter derzeit nicht gegeben. Aufgrund der empirisch vorliegenden Ungleichheiten müsste ein faires Verfahren getrennte Normen anbieten, was derzeit aufgrund der Größe der Eichstichprobe nicht möglich ist. Sofern die Eichstichprobe vergrößert wird und die geteilten Normen ausreichend groß sind, um in den Subgruppen repräsentativ und normalverteilt Vergleichswerte anbieten zu können, spricht aus jetziger Sicht nichts gegen die Attestierung eines als gegeben anzusehenden Gütekriteriums *Fairness*.

14 Andere Verfahren

In den folgenden Abschnitten werden einige Verfahren in kurzer Form dargestellt, die ähnliche oder gleiche Konstrukte messen, wie das in dieser Diplomarbeit beschriebene Verfahren. Zudem wird nach der jeweiligen Beschreibung versucht, die Unterschiede zum Verfahren AHK-SIKA herauszuarbeiten.

14.1 SIMKAP

Das computerisiert vorgegebene Verfahren SIMKAP (Simultankapazität) von Bratfisch und Hagman (2008) liefert neben einer Reihe von Nebenkennwerten Hauptvariablen für Simultankapazität sowie für Stresstoleranz. Das Verfahren besteht aus fünf Subtests und liegt in einer Kurzform und einer Langform vor (15 beziehungsweise 40 Minuten Bearbeitungszeit). Drei Untertests betreffen die Wahrnehmungsschnelligkeit und -genauigkeit, ein Subtest betrifft intellektuelle Fähigkeiten (Problemlöseaufgaben) und der fünfte Subtest ist der eigentliche Simultankapazitätstest, bei dem die Untertests zur Wahrnehmungsschnelligkeit und -genauigkeit parallel zur Problemlöseaufgabe bearbeitet werden muss.

Bratfisch und Hagman (2008, S. 5) definieren das Konstrukt Simultankapazität als „Gesamtleistung bei paralleler Bearbeitung von Routineaufgaben, die Aufmerksamkeit erfordern, und Problemlösungsaufgaben, die intellektuelle Anforderungen stellen.“

Bei der Durchführung des Verfahrens wird die Basisaufgabe unterbrochen (pausiert), um die Aufgaben vorzugeben, die zur Simultankapazitätsmessung beitragen sollen. Daher drängt sich hier der Verdacht auf, dass eben durch diese Unterbrechung keine Simultankapazität (parallele Bearbeitung) gemessen wird, sondern eher die Fähigkeit, schnell zwischen verschiedenen Aufgaben wechseln zu können.

14.2 SMK

Das Verfahren SMK (Sensomotorische Koordination) von Bauer et al. (2003), das computerisiert vorgegeben wird, erfasst laut Manual Auge-Hand, Hand-Hand sowie Auge-Hand-Fußkoordination. Mit Hilfe eines separaten Panels mit Steuerungshebeln und eines Fußpedals wird eine geometrische Figur in einem virtuellen dreidimensionalen Raum gesteuert. Die Aufgabe besteht darin, ein Kreissegment, welches die Richtung unvorhersehbar ändert, in einen Zielbereich zu steuern und dort zu halten. Das Verfahren liegt in vier Verfahrensformen mit einer Bearbeitungszeit von 10 bis 20 Minuten vor. Die Hauptvariable des Verfahrens wird mit der Zeit im Idealbereich (Prozentsatz) angegeben.

Der gravierendste Unterschied zum Verfahren, welches in der vorliegenden Diplomarbeit beschrieben wird, ist die Tatsache, dass für das Verfahren SMK ein eigenes Steuerpanel sowie ein eigenes Fußpedal für Testungen notwendig sind, was mit zusätzlichen Kosten verbunden ist. Das Verfahren AHK-SIKA (Verfahrensform Simultankapazität) misst im Unterschied zu SMK zudem ein Konstrukt, das nur als

ein Teilbereich der sensomotorischen Koordination angesehen werden muss.

14.3 PTK-LDT

Der Punktier- und Leistungs-Dominanztest (PTK-LDT) von Schilling (1973) ist ein Papier- und Bleistifttest für Kinder im Alter von sechs bis zehn Jahren. Er dient zur Überprüfung der Entwicklung der feinmotorischen Leistung beider Hände und der Händigkeitsausprägung. Die Aufgabe des Kindes während der Testung besteht darin, die Umrisse einer Clownfigur auf einer Vorlage zu punktieren, wobei sowohl die benötigte Zeit als auch die gemachten Fehler ausgewertet werden (Schilling, 2009).

Das Verfahren PTK-LDT ist, im Vergleich zum Verfahren AHK-SIKA explizit für Kinder entwickelt worden und wird, ebenfalls unterschiedlich zu AHK-SIKA, am Papier vorgegeben.

15 Diskussion und Ausblick

15.1 Größe der Eichstichprobe

Die Größe der Eichstichprobe ist mit 93 Personen aus der Sicht des Autors der Diplomarbeit zwar grundsätzlich gerade noch vertretbar, aufgrund der Notwendigkeit einer Separierung der Normen nach Alter und Geschlecht ist die Eichstichprobe als zu klein anzusehen und zumindest eine Verdoppelung der Größe wäre wünschenswert. Wenngleich in Lehrbüchern sehr häufig von der Nennung einer absoluten Zahl als Mindestgröße für die Eichstichprobe Abstand genommen wird (vgl. Moosbrugger & Kelava, 2007, S. 19), scheint hier die Notwendigkeit einer Vergrößerung deutlich zu sein. Leider ist die Vergrößerung der Eichstichprobe im Rahmen dieser Diplomarbeit nicht durchführbar.

15.2 Validitätsstudie(n)

Da es im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit kaum machbar war, weitere Studien durchzuführen und zu inkludieren, wäre es von Interessen, die Validität des Verfahrens weiter zu ergründen:

Durch die Vorgabe des Verfahrens an eine Gruppe von Piloten, die hinsichtlich ihrer Auge-Hand-Koordinationsfähigkeit sicherlich dem oberen Rand des Leistungsspektrums zuzuordnen sind, könnte eine weitere Extremgruppenvalidierung durchgeführt werden. Es ist anzunehmen, dass diese Gruppe bessere Ergebnisse erzielen würde als die Eichstichprobe. Diese Annahme könnte durch eine Studie belegt werden.

Die Möglichkeit der frühen Unterscheidung zwischen Personen mit Alzheimer-Erkrankung und Depression kann aufgrund der vorliegenden Daten derzeit nicht bestätigt werden, da kein Datenmaterial von Personen mit Alzheimer-Erkrankung vorliegt. Auch wenn die theoretisch begründete Annahme einer fehlenden Abweichung

von Personen mit Depression von der Eichstichprobe nachgewiesen werden konnte, wäre die in einer Studie herauszufindende, deutliche Unterscheidung zwischen Personen mit Alzheimer-Erkrankung und Personen mit Depression eine weitere Möglichkeit zur Validierung des Verfahrens.

15.3 Retest-Reliabilität

Um die Gültigkeit des Gütekriteriums Reliabilität für das Verfahren genauer analysieren zu können, wäre es von Vorteil, Testergebnisse von Personen zu verschiedenen Zeitpunkten hinsichtlich ihres Zusammenhanges (Stabilität) zu überprüfen. Eine derartige Studie beziehungsweise wiederholte Test-Vorgabe war im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit nicht durchführbar.

15.4 Instruktionsverständnis

Wenngleich durch einen Vortest explizit Anstrengungen in Richtung der Verbesserung des Instruktionsverständnisses unternommen wurden, zeigte sich in Erhebungssituationen doch das eine oder andere Mal, dass die Instruktion nicht gleich vollständig durchblickt wurde. Aus diesem Grund und, um in Richtung Sprachfreiheit des Verfahrens zu tendieren, würde sich eine multimediale Darbietung der Instruktion anbieten. Durch eine sprachfreie Video-Anleitung, welche die Bearbeitung der Aufgaben non-verbal vorzeigt, könnte neben einer grundsätzlichen Einsetzbarkeit über die Grenzen des deutschen Sprachraums hinweg auch ein höheres Instruktionsverständnis erzielt werden.

15.5 Aufgabenbeantwortung

Die Beantwortung der Zusatzaufgabe vom Typ „Visuell-Akustisch-Kognitiv-Motorisch“, bei der ein Symbol und gleichzeitig ein akustischer Reiz präsentiert werden, funktioniert über die Betätigung der Leertaste bei Übereinstimmung und durch keine Reaktion bei fehlender Übereinstimmung des Symbols und des akustischen Reizes (vgl. Abschnitt 5.2.2). Bei keiner erfolgten Reaktion bei fehlender Übereinstimmung der beiden präsentierten Reize kann allerdings nicht unterschieden werden, ob absichtlich keine Reaktion erfolgt ist und die Aufgabe somit gelöst wurde oder keine Reaktion erfolgt ist, weil die Testperson unentschlossen hinsichtlich der Antwort ist und somit die Aufgabe eigentlich nicht löst, trotzdem wird die Aufgabe in diesem Fall als gelöst verbucht. Hier wäre eine Modifizierung der Bearbeitungsart erstrebenswert, wodurch gewährleistet wird, dass zwischen Nicht-Beantwortung und Beantwortung eindeutig unterschieden werden kann.

Die Zusatzaufgabe vom Typ „Logisch-Motorisch“ ist durch mehrmaliges Drücken der Leertaste zu beantworten, wodurch ein schwarzer Markierungsbalken unterhalb der Reihe von Elementen (Buchstaben, Zeichen etc.) von links nach rechts verschoben wird, um das „falsche“ Element auszuwählen. Im Zuge der Datenerhebung ist die Idee entstanden, statt dem Markierungsbalken unter den Elementen gleich

die Elemente selbst farblich hervorzuheben und so eine Markierung des „falschen“ Elementes verständlicher und einfacher vornehmen zu können.

15.6 Verrechnung

Die bei der Verfahrensform Simultankapazität angewandte Form der Verrechnung, in der die drei erhobenen Komponenten mit der Gewichtung von jeweils einem Drittel in den Gesamtindex der Simultankapazität eingehen, konnte aufgrund fehlender empirischer oder theoretischer Hinweise nicht von anderer Stelle abgeleitet werden. Der starke korrelative Zusammenhang zwischen den Verfahrensformen legt jedoch nahe, dass eine andere Gewichtung beziehungsweise eine andere Form der Kombination der Komponenten einen aussagekräftigeren Index Simultankapazität ergeben würde. Diese Vermutung wäre anhand einer weiteren Studie überprüfenswert.

15.7 Plattformunabhängigkeit

Eine Problematik, die sich während der Datenerhebung gezeigt hat, ist die fehlende Plattformunabhängigkeit des Computerprogramms. Das in Delphi (Borland GmbH., 2001) erstellte Programm ist für Windows-Umgebungen konzipiert. Wie sich herausgestellt hat, weist das Programm auf anderen Systemen (Linux, Mac) in einer emulierten Windows-Umgebung Ungereimtheiten in der Aufgabenvorgabe auf, sodass es bis dato lediglich im Betriebssystem Windows sinnvoll eingesetzt werden kann. Es empfiehlt sich daher, das Verfahren in einer plattformunabhängigen Umgebung zu implementieren.

16 Zusammenfassung

In der vorliegenden Diplomarbeit wurde ein psychologisch-diagnostisches Verfahren entwickelt, welches die Konstrukte Auge-Hand-Koordination und Simultankapazität misst. Aus der wissenschaftlichen Literatur ist bekannt, dass die Leistungsfähigkeit in beiden Konstrukten Veränderungen im Alter unterliegt. Aus der Forschung über die Auge-Hand-Koordination ist zudem bekannt, dass Geschlechtsunterschiede existieren. Es finden sich aktuelle Hinweise in der Literatur (Kaschel et al., 2009), dass die aufgrund der ähnlichen Symptomatik existierende, diagnostische Schwierigkeit der frühen Unterscheidung zwischen einer Alzheimer-Erkrankung und einer Depression über die Unterschiede in der Leistungsfähigkeit bei simultan vorgegebenen Aufgaben gelöst werden könnte, da bei Personen mit Depression keine Unterschiede zur Normpopulation zu beobachten seien.

Das Verfahren wurde einer Eichstichprobe ($n = 93$), einer klinischen Stichprobe mit Depression ($n = 31$) sowie einer ebenfalls klinischen Stichprobe mit Schädel-Hirn-Trauma ($n = 9$ bzw. $n = 13$) vorgegeben. Die Verfahrenskennwerte der Eichstichprobe wurden, neben der Überprüfung auf den Einfluss der Händigkeit und der Computererfahrung, auch für die Berechnung des Zusammenhanges mit dem Alter und dem Geschlecht herangezogen. Es konnte wie erwartet ein Einfluss des Alters auf die Auge-Hand-Koordination und Simultankapazität gezeigt werden. In beiden Verfahrensformen sind zudem Geschlechtsunterschiede aufgetreten. Sowohl die Computererfahrung als auch die Händigkeit wirken sich hingegen nicht auf die Leistung im Verfahren aus.

Im Vergleich der verschiedenen Stichproben hinsichtlich ihrer Verfahrenskennwerte konnten die antizipierten Unterschiede festgestellt werden, das Verfahren kann also in erwarteter Weise zwischen Personen mit Einschränkungen in der Informationsverarbeitung (Schädel-Hirn-Trauma) und der Normpopulation differenzieren. Unterschiede zwischen der Stichprobe mit depressiven Personen und der Eichstichprobe konnten, wie ebenfalls erwartet, nicht gefunden werden.

Lediglich in der Zusammenhangsanalyse der beiden Verfahrensformen konnte unerwünschter Weise eine signifikante Korrelation ($r = 0,490$) gefunden werden, was eine Verbesserungsmöglichkeit in der Operationalisierung beziehungsweise in der Verrechnung der Verfahrensform Simultankapazität aufdeckt.

Die Überprüfung auf die Gültigkeit der Gütekriterien ergab, bis auf die Ausnahme der zu geringen Stichprobengröße aufgrund der notwendigen Teilung in die Normen nach Altersgruppen und Geschlecht und einer nicht in vollem Ausmaß zu attestierenden Konstruktvalidität, dass das Verfahren in zufriedenstellender Art und Weise die wissenschaftlichen Anforderungen an ein psychologisch-diagnostisches Verfahren erfüllt.

Neben der Vergrößerung der Stichprobe, die als wichtigste Forderung zu stellen ist, wäre eine Erweiterung der Analyse der Konstruktvalidität durch weitere Vergleiche mit anderen Verfahren erstrebenswert.

Literatur

- Abrams, R., Meyer, D. & Kornblum, S. (1990). Eye-hand coordination: Oculomotor control in rapid aimed limb movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16 (2), 248–267.
- Amelang, M. & Schmidt-Atzert, L. (2006). *Psychologische Diagnostik und Intervention*. Heidelberg: Springer.
- Bauer, H., Guttman, G., Leodolter, M. & Leodolter, U. (2003). Manual Sensumotorische Koordination (SMK) [Software-Handbuch]. Mödling: Schuhfried.
- Benesch, H. (2006). *dtv-atlas psychologie*. München: dtv.
- Bherer, L., Kramer, A., Peterson, M., Colcombe, S., Erickson, K. & Becic, E. (2005). Training effects on dual-task performance: Are there age-related differences in plasticity of attentional control? *Psychology and Aging*, 20 (4), 695.
- Birbaumer, N. & Schmidt, R. (2006). *Biologische Psychologie. Sechste, vollständig überarbeitete und ergänzte Auflage*. Heidelberg: Springer.
- Borland GmbH. (2001). Borland Delphi 6 für Windows [Software-Handbuch]. Langen.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. 4., überarbeitete Auflage*. Heidelberg: Springer.
- Brattfisch, O. & Hagman, E. (2008). Simkap, Simultankapazität / Multitasking [Software-Handbuch]. Mödling: Schuhfried.
- Campbell, D. & Fiske, D. (1959). Convergent and discriminant validation by the multitrait-multimethod matrix. *Psychological bulletin*, 56 (2), 81.
- Carlton, L. (1981). Processing visual feedback information for movement control. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7 (5), 1019–1030.
- Crawford, J. D., Medendorp, W. P. & Marotta, J. J. (2004). Spatial Transformations for Eye-Hand Coordination. *Journal of Neurophysiology*, 92 (1), 10–19.
- Dilling, H. (2010). *Internationale klassifikation psychischer störungen. icd-10 kapitel v (f); klinisch-diagnostische leitlinien*. Bern: Huber.
- Dorfberger, S., Adi-Japha, E. & Karni, A. (2009). Sex differences in motor performance and motor learning in children and adolescents: An increasing male advantage in motor learning and consolidation phase gains. *Behavioural brain research*, 198 (1), 165–171.
- Formann, A. & Piswanger, K. (1979). *WMT Wiener Matrizen-Test. Ein Raschskalierter sprachfreier Intelligenztest. Manual*. Weinheim: Beltz Test.
- Furtner, M. & Sachse, P. (2009). Auge-Hand-Koordination und Aufmerksamkeitsprozesse in der Mensch-Computer Interaktion - Eine empirische Untersuchung mittels Eye-tracking. In A. Lichtenstein, C. Stösel & C. Clemens (Hrsg.), *Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme* (S. 159–164). Düsseldorf: VDI Verlag.
- Guan, J. & Wade, M. (2000). The effect of aging on adaptive eye-hand coordination. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 55 (3), P151.

- Hartley, A. (2001). Age differences in dual-task interference are localized to response-generation processes. *Psychology and Aging*, 16 (1), 47–54.
- Helsen, W., Elliott, D., Starkes, J. & Ricker, K. (1998). Temporal and spatial coupling of point of gaze and hand movements in aiming. *Journal of Motor Behavior*, 30 (3), 249–259.
- Henriques, D., Klier, E., Smith, M., Lowy, D. & Crawford, J. D. (1998). Gaze-centered remapping of remembered visual space in an open-loop pointing task. *Journal of Neuroscience*, 18 (4), 1583.
- Henriques, D., Medendorp, W. P., Gielen, C. & Crawford, J. D. (2003). Geometric computations underlying eye-hand coordination: orientations of the two eyes and the head. *Experimental Brain Research*, 152 (1), 70–78.
- Hossiep, R., Turck, D. & Hasella, M. (1999). *BOMAT-advanced: Bochumer Matrizen-test. Handanweisung*. Göttingen: Hogrefe.
- Internet Archive Copyright Agent. (2001). *Internet archive*. Zugriff am 28.02.2011 auf http://www.archive.org/details/opensource_audio
- Johansson, R., Westling, G., Backstrom, A. & Flanagan, J. (2001). Eye-hand coordination in object manipulation. *Journal of Neuroscience*, 21 (17), 6917.
- Jung, R. (1976). Einführung in die Bewegungsphysiologie. In J. Haase (Hrsg.), *Sensomotorik* (S. 99–192). München: Urban & Schwarzenberg.
- JVCL Team. (2006). *JEDI Visual Component Library*. Zugriff am 28.02.2011 auf <http://www.delphi-jedi.org/>
- Kaschel, R., Logie, R., Kazén, M. & Della Sala, S. (2009). Alzheimer's disease, but not ageing or depression, affects dual-tasking. *Journal of Neurology*, 256 (11), 1860–1868.
- Kaufmann, H. (2003). *Strabismus*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Kiefer, J. & Urbas, L. (2006). Multitasking-Heuristiken in dynamischer Mensch-Technik-Interaktion. In M. Grandt & A. Bauch (Hrsg.), *Cognitive systems engineering in der fahrzeug- und prozessführung*. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR Bericht).
- Kieras, D. E., Meyer, D. E., Ballas, J. A. & Lauber, E. J. (2000). Modern computational perspectives on executive mental processes and cognitive control: Where to from here? In S. Monsell & J. Driver (Hrsg.), *Control of cognitive processes. attention and performance xviii* (S. 681–712). Cambridge, MA: MIT Press.
- Kubinger, K. D. (2006). *Psychologische Diagnostik: Theorie und Praxis psychologischen Diagnostizierens*. Göttingen: Hogrefe.
- Kubinger, K. D., Rasch, D. & Moder, K. (2009). Zur Legende der Voraussetzungen des t-Tests für unabhängige Stichproben. *Psychologische Rundschau*, 60 (1), 26–27.
- Lee, D. (1976). A theory of visual control of braking based on information about time-to-collision. *Perception*, 5 (4), 437–459.
- Lee, F. & Taatgen, N. (2002). Multitasking as skill acquisition. In *Proceedings of the twenty-fourth annual conference of the cognitive science society* (S. 572–577).

- Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Light, K. (1990). Information processing for motor performance in aging adults. *Physical Therapy, 70* (12), 820.
- Lussanet, M. de, Smeets, J. & Brenner, E. (2001). The effect of expectations on hitting moving targets: influence of the preceding target's speed. *Experimental Brain Research, 137* (2), 246–248.
- McKinney, A. (2006). *freesfx. download free sound effects*. Zugriff am 28.02.2011 auf <http://www.freesfx.co.uk/>
- Miller, G. A., Galanter, E. & Pribram, K. (1960). *Plans and the structure of behavior*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Mittring, G. & Rost, D. (2008). Die verflixten Distraktoren. *Diagnostica, 54* (4), 193–201.
- Moosbrugger, H. & Kelava, A. (2007). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Heidelberg: Springer.
- Mrotek, L., Flanders, M. & Soechting, J. (2004). Interception of targets using brief directional cues. *Experimental Brain Research, 156* (1), 94–103.
- Mrotek, L. & Soechting, J. (2007). Target interception: hand-eye coordination and strategies. *Journal of Neuroscience, 27* (27), 7297.
- Neggers, S. & Bekkering, H. (2002). Coordinated control of eye and hand movements in dynamic reaching. *Human Movement Science, 21* (3), 37–64.
- Nicholson, K. & Kimura, D. (1996). Sex differences for speech and manual skill. *Perceptual and motor skills*.
- Norman, D. & Bobrow, D. (1975). On data-limited and resource-limited processes* 1. *Cognitive psychology, 7* (1), 44–64.
- Oder, W. & Worzer, W. (2006). Das Schädel-Hirn-Trauma. In J. Lehrner, G. Pusswald, E. Fertl, I. Kryspin-Exner & W. Strubreither (Hrsg.), *Klinische Neuropsychologie* (S. 269–286). Wien: Springer-Verlag.
- Pelz, J., Hayhoe, M. & Loeber, R. (2001). The coordination of eye, head, and hand movements in a natural task. *Experimental Brain Research, 139* (3), 266–277.
- Peters, M., Servos, P. & Day, R. (1990). Marked sex differences on a fine motor skill task disappear when finger size is used as covariate. *Journal of applied psychology, 75* (1), 87.
- Port, N., Lee, D., Dassonville, P. & Georgopoulos, A. (1997). Manual interception of moving targets I. Performance and movement initiation. *Experimental Brain Research, 116* (3), 406–420.
- Prablanc, C., Echallier, J., Jeannerod, M. & Komilis, E. (1979). Optimal response of eye and hand motor systems in pointing at a visual target. II. Static and dynamic visual cues in the control of hand movement. *Biological Cybernetics, 35* (3), 183–187.
- Prablanc, C., Echallier, J., Komilis, E. & Jeannerod, M. (1979). Optimal response of eye and hand motor systems in pointing at a visual target: I. Spatio-temporal characteristics of eye and hand movements and their relationships when varying

- the amount of visual information. *Biological Cybernetics*, 35 (2), 113–124.
- Prablanc, C., Pélisson, D. & Goodale, M. (1986). Visual control of reaching movements without vision of the limb. *Experimental Brain Research*, 62 (2), 293–302.
- Pusswald, G. & Vass, K. (2006). Multiple Sklerose. In J. Lehrner, G. Pusswald, E. Fertl, I. Kryspin-Exner & W. Strubreither (Hrsg.), *Klinische Neuropsychologie* (S. 287–302). Wien: Springer-Verlag.
- Ruff, R. & Parker, S. (1993). Gender-and age-specific changes in motor speed and eye-hand coordination in adults: Normative values for the Finger Tapping and Grooved Pegboard tests. *Perceptual and motor skills*.
- Salvucci, D. (2005). A multitasking general executive for compound continuous tasks. *Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal*, 29 (3), 457–492.
- Schilling, F. (1973). *PTK - LDT Manual. Punktiertest und Leistungs-Dominanztest für Kinder (5-12 Jahre)*. Dortmund: Verlag Modernes Lernen.
- Schilling, F. (2009). *Detail: PTK-LTD Manual*. Dortmund: Verlag Modernes Lernen. Zugriff am 17.03.2010 auf http://www.verlag-modernes-lernen.de/docs/shop-details.php?Bestell_nr=5220
- Schmidt, S., Oliveira, R., Krahe, T. & Filgueiras, C. (2000). The effects of hand preference and gender on finger tapping performance asymmetry by the use of an infra-red light measurement device. *Neuropsychologia*, 38 (5), 529–534.
- Schubert, T., Fischer, R. & Stelzel, C. (2008). Response activation in overlapping tasks and the response-selection bottleneck. *Journal of Experimental Psychology: Human, Perception and Performance*, 34 (2), 376–397.
- Schuhfried, G., Prieler, J. & Bauer, W. (2000). Periphere Wahrnehmung. PP. Manual [Software-Handbuch]. Mödling: Schuhfried.
- Schuhfried, G., Neuwirth, W. & Eberhardt, G. (2000). Flimmer-/Verschmelzungsfrequenz. FLIM (Version 21.00) [Software-Handbuch]. Mödling: Schuhfried.
- Tango desktop project*. (2009). Zugriff am 28.02.2011 auf http://tango.freedesktop.org/Tango_Desktop_Project
- Vercher, J., Magenes, G., Prablanc, C. & Gauthier, G. (1994). Eye-head-hand coordination in pointing at visual targets: spatial and temporal analysis. *Experimental Brain Research*, 99 (3), 507–523.
- Verhaeghen, P., Steitz, D., Sliwinski, M. & Cerella, J. (2003). Aging and dual-task performance: A meta-analysis. *Psychology and Aging*, 18 (3), 443–460.
- Wickens, C. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3 (2), 159–177.

Teil IV

Anhang

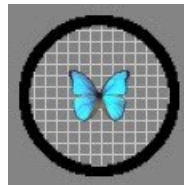
A Instruktionen

A.1 Auge-Hand-Koordination

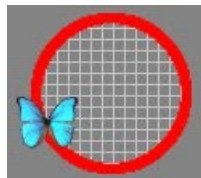
A.1.1 Übung 1

Anleitung (1)

Ihre Aufgabe besteht darin mit der Computermaus ein Netz zu steuern. Ziel ist es, das Netz immer möglichst mittig über einem Schmetterling zu halten, welcher sich über den Bildschirm bewegt.



Sobald der Schmetterling sich nicht mehr zur Gänze im Netz befindet, wechselt die Farbe des Rahmens des Netzes von Schwarz auf Rot.



Sie haben die Möglichkeit die Aufgabe zu üben, sobald sie auf „Weiter“ drücken.

Übungsphase

Um die Übungsphase zu starten, klicken Sie mit dem Mauszeiger auf das Netz. Die Maustaste muss während der Übung oder Testung NICHT gedrückt gehalten werden.

Dauer der Übungsphase: 1 Minute

Im oberen Bildschirmbereich sehen Sie immer die zur Verfügung stehende Zeit.

A.1.2 Testung

Anleitung (2)

Ab nun beginnt die Testung, die maximal 10 Minuten dauert.

Die Testung besteht aus drei Teilen. Der erste Teil der Testung ist identisch zur Übungsphase, im zweiten Teil verändert sich die Geschwindigkeit des Schmetterlings und im dritten Teil verändert sich die Größe des Netzes.

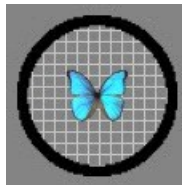
Konzentrieren Sie sich bitte darauf, mit dem Netz über dem Schmetterling zu bleiben!

A.2 Simultankapazität

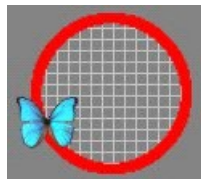
A.2.1 Übung 1

Anleitung (1)

Ihre Aufgabe besteht darin mit der Computermaus ein Netz zu steuern. Ziel ist es, das Netz immer möglichst mittig über einem Schmetterling zu halten, welcher sich über den Bildschirm bewegt.



Sobald der Schmetterling sich nicht mehr zur Gänze im Netz befindet, wechselt die Farbe des Rahmens des Netzes von Schwarz auf Rot.



Sie haben die Möglichkeit die Aufgabe zu üben, sobald sie auf „Weiter“ drücken.

Übungsphase

Um die Übungsphase zu starten, klicken Sie mit dem Mauszeiger auf das Netz. Die Maustaste muss während der Übung oder Testung NICHT gedrückt gehalten werden.

Dauer der Übungsphase: 0.5 Minuten

Im oberen Bildschirmbereich sehen Sie immer die zur Verfügung stehende Zeit.

A.2.2 Übung 2

Anleitung (2)

Zusätzlich zur Aufgabe, das Netz über dem Schmetterling zu halten, haben Sie nun eine weitere Aufgabe: nach wenigen Sekunden erscheint am oberen Spielfeldrand ein Objekt, welches sich gerade nach unten bewegt.



Sobald sich dieses Objekt ändert, drücken Sie bitte so schnell wie möglich die Leertaste.



Nun ändert sich das Symbol erneut und zeigt Ihnen, dass Sie die Aufgabe gelöst haben.



Achten Sie auch während dieser Zusatzaufgabe so gut wie möglich darauf, das Netz über dem Schmetterling zu halten.

Sie haben wieder eine Übungsphase von 1 Minute, um sich mit der Aufgabe vertraut zu machen.

A.2.3 Übung 3

Anleitung (3)

Zusätzlich zur Aufgabe, das Netz über dem Schmetterling zu halten, haben Sie nun eine weitere Aufgabe: im Abstand von wenigen Sekunden hören Sie einen Klang. Zusätzlich erscheint unterhalb des Mauszeigers ein Symbol. Wenn das Symbol und der Klang übereinstimmen (Beispiel: Klang = Klingeln, Bild = Telefon), drücken Sie bitte so schnell wie möglich die Leertaste.

Gibt es keine Übereinstimmung zwischen dem Klang und dem Bild, drücken Sie bitte keine Taste.

Zusätzlich sollen Sie weiterhin darauf achten, dass Sie das Netz über dem Schmetterlings-Symbol halten.

Sie haben wieder eine Übungsphase von 1 Minute, um sich mit der Aufgabe vertraut zu machen.

A.2.4 Übung 4

Anleitung (4)

Zusätzlich zur Aufgabe das Netz über dem Schmetterlings-Symbol zu halten, wird Ihnen nun eine weitere Aufgabe vorgegeben. Die Aufgabe erscheint unterhalb des Netzes.

Die Aufgaben sind nach folgendem Schema aufgebaut: Die präsentierten Zahlen oder Buchstaben bilden eine Reihe – Ihre Aufgabe ist es, jenes Element (Zahl, Buchstabe oder Zeichen) zu finden, das nicht in diese Reihe passt.



Haben Sie das falsche Element in der Reihe erkannt, wählen Sie durch Drücken der Leertaste das falsche Element aus. Mit jedem Tastendruck wandert ein schwarzer Markierungsbalken nach rechts.



Sobald Sie ein Element aus der Reihe gewählt haben, verändern die Elemente ihre Farbe und symbolisieren somit die Beendigung der Aufgabe.



Sie haben in der Übungsphase (1 Minute) erneut die Möglichkeit, sich mit der Aufgabe vertraut zu machen.

A.2.5 Übung 5

Anleitung (5)

Alle bisher vorgestellten Aufgaben werden nun (zufällig) hintereinander vorgegeben.

Sie haben wieder eine Übungsphase von 2 Minuten, um sich mit den Aufgaben vertraut zu machen.

A.2.6 Testung

Anleitung (6)

Ab nun beginnt die Testungsphase. Konzentrieren Sie sich bitte so gut wie möglich auf die abwechselnd vorgegebenen Aufgaben und vergessen Sie nicht, mit dem Netz über dem Schmetterlings-Symbol zu bleiben.

Während der Testungsphase erhalten Sie KEINE HINWEISE mehr, ob Sie die Aufgabe richtig oder falsch bearbeitet haben.

Dauer der Testung: 8 Minuten

B Dialoge

B.1 Allgemeine Informationsfenster

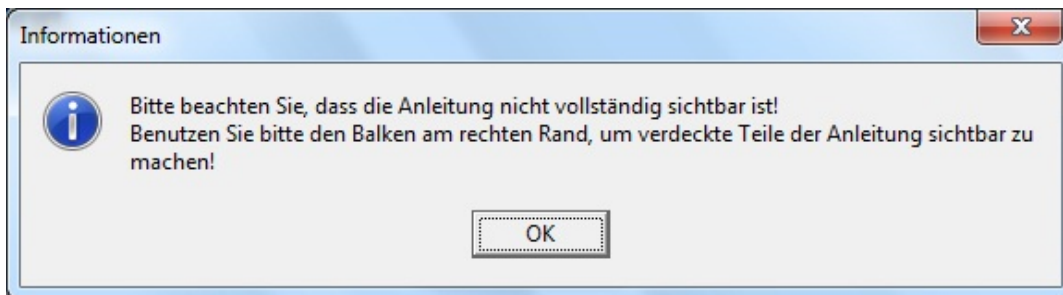


Abbildung 18: Informationsmeldung über die Sichtbarkeit der Instruktion bzw. die Möglichkeit, den Fensterinhalt mittels Schiebepalken (Scrollbar) zu verschieben

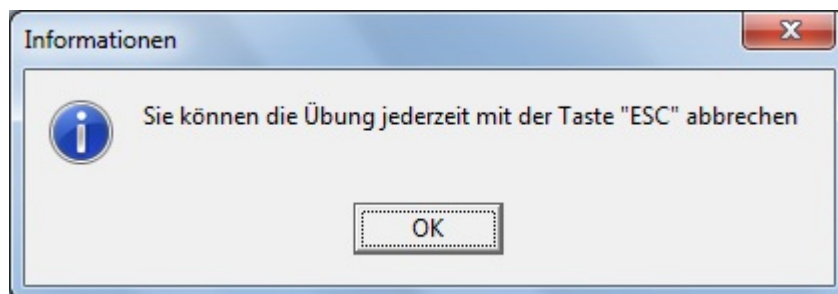


Abbildung 19: Informationsfenster zu Beginn des Übungsmodus



Abbildung 20: Informationsmeldung über die Beendigung der Testung

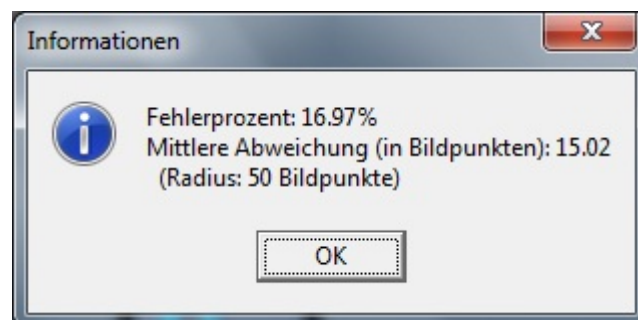


Abbildung 21: Informationsmeldung über die wichtigsten Kennwerte der Auge-Hand-Koordinationsfähigkeitsmessung des Übungsmodus

B.2 Fenster zur Wahl der Verfahrensform

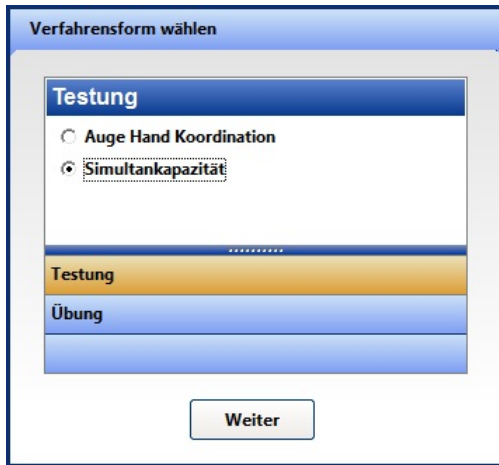


Abbildung 22: Fenster zur Auswahl der Verfahrensform

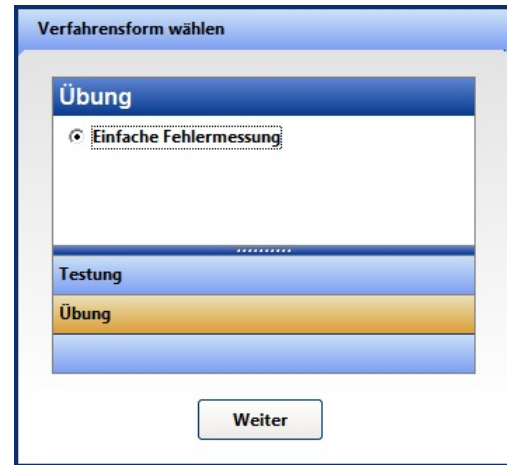


Abbildung 23: Fenster zur Auswahl des Übungsmodus

B.3 Informationsfenster der Verfahrensform Auge-Hand-Koordination

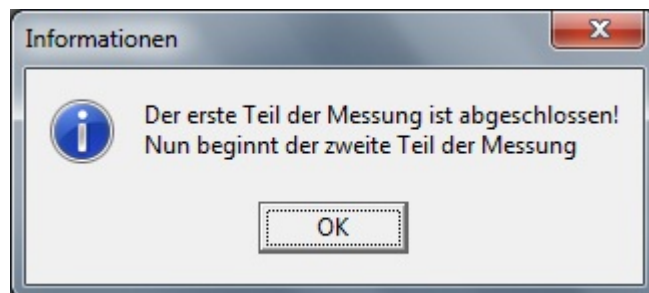


Abbildung 24: Informationsmeldung über die Beendigung der Phase 1 und die bevorstehende Phase 2

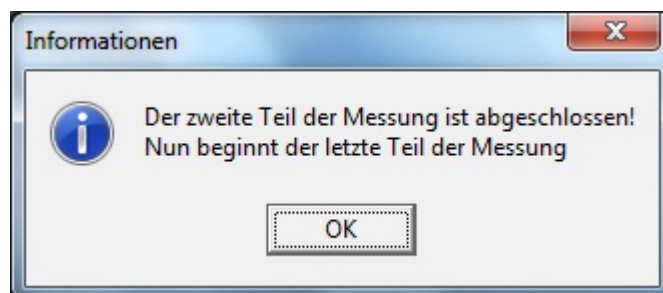


Abbildung 25: Informationsmeldung über die Beendigung der Phase 2 und die bevorstehende Phase 3

C SPSS Ausgaben

C.1 Histogramme

C.1.1 Auge-Hand-Koordination

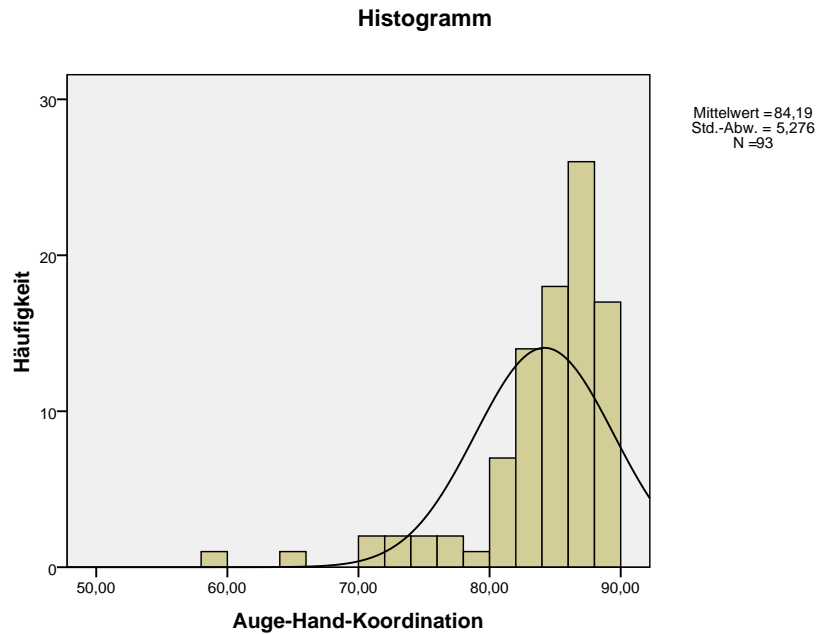


Abbildung 26: SPSS-Ausgabe zur Häufigkeitsverteilung (Histogramm mit Normalverteilungskurve) des Kennwertes Auge-Hand-Koordination (AHK)

C.1.2 Simultankapazität

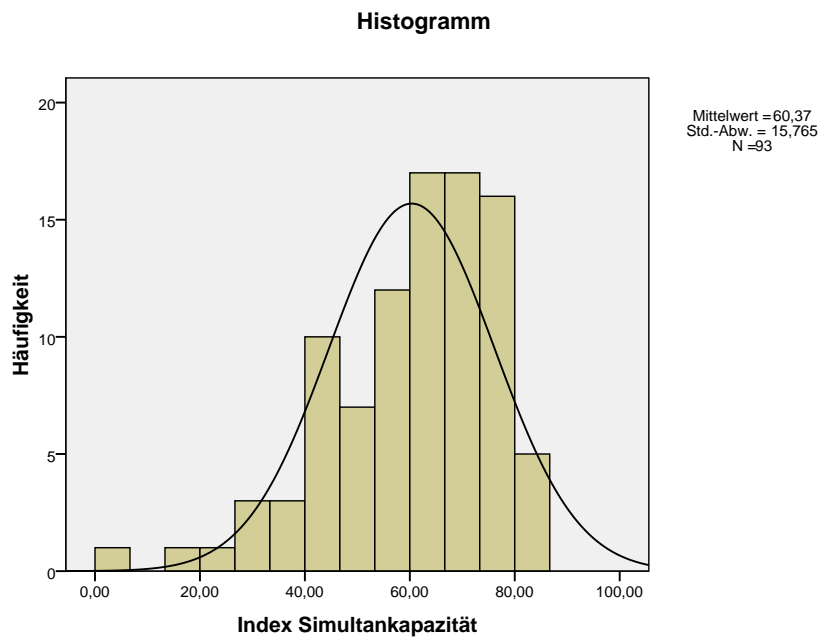


Abbildung 27: SPSS-Ausgabe zur Häufigkeitsverteilung (Histogramm mit Normalverteilungskurve) des Kennwertes Simultankapazität (SIKA)

C.2 Mittelwertdiagramme

C.2.1 Auge-Hand-Koordination

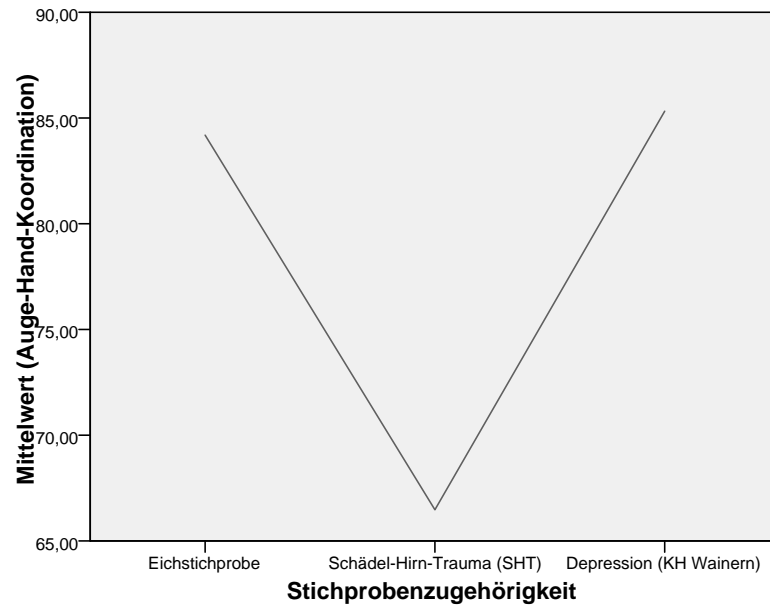


Abbildung 28: SPSS-Ausgabe: Mittelwertdiagramm des Kennwertes Auge-Hand-Koordination (AHK) in den unterschiedlichen Stichproben

C.2.2 Simultankapazität

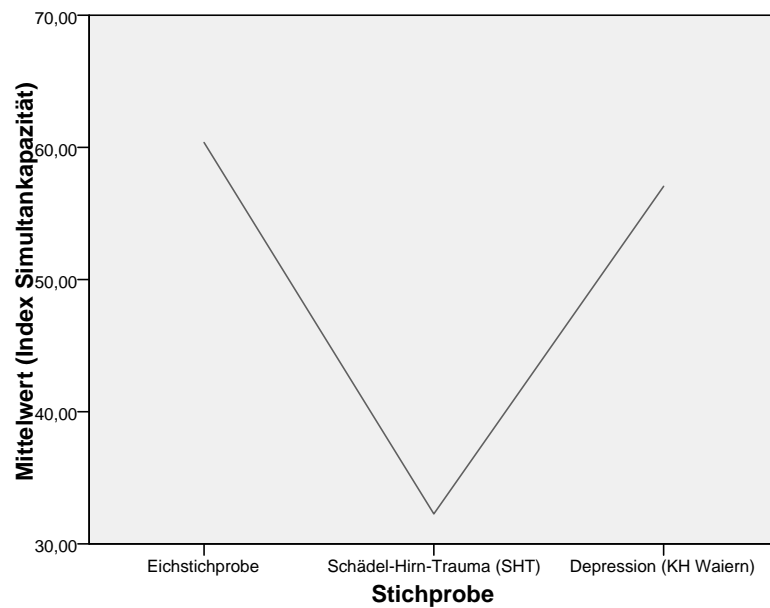


Abbildung 29: SPSS-Ausgabe: Mittelwertdiagramm des Kennwertes Simultankapazität (SIKA) in den unterschiedlichen Stichproben

C.3 Reliabilität

C.3.1 Auge-Hand-Koordination

Skala: Auge-Hand-Koordination

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

		N	%
Fälle	Gültig	93	100,0
	Ausgeschlossen ^a	0	,0
	Gesamt	93	100,0

a. Listenweise Löschung auf der Grundlage aller Variablen in der Prozedur.

Reliabilitätsstatistiken

Cronbachs Alpha	Anzahl der Items
,906	23

Abbildung 30: SPSS-Ausgabe zur Reliabilitätsanalyse des Hauptkennwertes AHK (Verfahrensform Auge-Hand-Koordination)

C.3.2 Auge-Hand-Koordination -Zeit (AHK-Z)

Reliabilität

Skala: AHK-Zeit

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

		N	%
Fälle	Gültig	93	100,0
	Ausgeschlossen ^a	0	,0
	Gesamt	93	100,0

a. Listenweise Löschung auf der Grundlage aller Variablen in der Prozedur.

Reliabilitätsstatistiken

Cronbachs Alpha	Anzahl der Items
,955	23

Abbildung 31: SPSS-Ausgabe zur Reliabilitätsanalyse des Nebenkennwertes AHK-Z (Verfahrensform Auge-Hand-Koordination)

C.3.3 Simultankapazität

Skala: SIKA

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

		N	%
Fälle	Gültig	90	96,8
	Ausgeschlossen ^a	3	3,2
	Gesamt	93	100,0

a. Listenweise Löschung auf der Grundlage aller Variablen in der Prozedur.

Reliabilitätsstatistiken

Cronbachs Alpha	Anzahl der Items
,822	55

Abbildung 32: SPSS-Ausgabe zur Reliabilitätsanalyse des Hauptkennwertes SIKA (Verfahrensform Simultankapazität)

C.3.4 Simultankapazität : Mittlere Nähe

Skala: SIKA-Mittlere Nähe

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

		N	%
Fälle	Gültig	90	96,8
	Ausgeschlossen ^a	3	3,2
	Gesamt	93	100,0

a. Listenweise Löschung auf der Grundlage aller Variablen in der Prozedur.

Reliabilitätsstatistiken

Cronbachs Alpha	Anzahl der Items
,981	55

Abbildung 33: SPSS-Ausgabe zur Reliabilitätsanalyse des Kennwertes Mittlere Nähe (Verfahrensform Simultankapazität)

C.3.5 Simultankapazität : Konstanz

Skala: SIKa-Konstanz

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

		N	%
Fälle	Gültig	93	100,0
	Ausgeschlossen ^a	0	,0
	Gesamt	93	100,0

a. Listenweise Löschung auf der Grundlage aller Variablen in der Prozedur.

Reliabilitätsstatistiken

Cronbachs Alpha	Anzahl der Items
,502	55

Abbildung 34: SPSS-Ausgabe zur Reliabilitätsanalyse des Kennwertes Konstanz (Verfahrensform Simultankapazität)

C.4 Prüfung auf Normalverteilung

C.4.1 Kennwerte der Verfahrensform Auge-Hand-Koordination

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		Auge-Hand-Koordination
	N	93
Parameter der Normalverteilung ^{a, b}	Mittelwert	84,1882
	Standardabweichung	5,27552
Extremste Differenzen	Absolut	,177
	Positiv	,146
	Negativ	-,177
	Kolmogorov-Smirnov-Z	1,707
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,006

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b. Aus den Daten berechnet.

Abbildung 35: SPSS-Ausgabe zur Prüfung auf Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest) des Hauptkennwertes der Verfahrensform Auge-Hand-Koordination

C.4.2 Kennwerte der Verfahrensform Simultankapazität

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		Index Simultankapa- zität
	N	93
Parameter der Normalverteilung ^{a,,b}	Mittelwert	60,3691
	Standardabweichung	15,76479
Extremste Differenzen	Absolut	,115
	Positiv	,079
	Negativ	-,115
	Kolmogorov-Smirnov-Z	1,105
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,174

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b. Aus den Daten berechnet.

Abbildung 36: SPSS-Ausgabe zur Prüfung auf Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest) des Hauptkennwertes der Verfahrensform Simultankapazität

D Itemschwierigkeiten

D.1 Auge-Hand-Koordination

Itemnummer	Itemschwierigkeit (SD)	Itemnummer	Itemschwierigkeit (SD)
1	0,82 (0,15)	13	0,86 (0,04)
2	0,87 (0,04)	14	0,85 (0,04)
3	0,86 (0,03)	15	0,85 (0,04)
4	0,85 (0,05)	16	0,84 (0,10)
5	0,85 (0,05)	17	0,84 (0,08)
6	0,86 (0,03)	18	0,84 (0,05)
7	0,87 (0,04)	19	0,86 (0,03)
8	0,86 (0,03)	20	0,86 (0,04)
9	0,85 (0,03)	21	0,85 (0,05)
10	0,84 (0,05)	22	0,82 (0,17)
11	0,84 (0,06)	23	0,84 (0,10)
12	0,84 (0,06)		

Tabelle 24: Auflistung der Itemschwierigkeitsindizes der Verfahrensform Auge-Hand-Koordination (SD = Standardabweichung)

D.2 Simultankapazität

Typ 1: Itemschwierigkeit (SD)	Typ 2: Itemschwierigkeit (SD)	Typ 3: Itemschwierigkeit (SD)
0,34 (0,33)	0,32 (0,34)	0,44 (0,28)
0,42 (0,35)	0,58 (0,31)	0,47 (0,27)
0,37 (0,33)	0,33 (0,33)	0,53 (0,24)
0,41 (0,31)	0,42 (0,32)	0,44 (0,30)
0,38 (0,34)	0,31 (0,30)	0,40 (0,24)
0,53 (0,32)	0,56 (0,32)	0,39 (0,25)
0,34 (0,33)	0,49 (0,33)	0,47 (0,24)
0,40 (0,35)	0,25 (0,29)	0,44 (0,26)
0,41 (0,35)	0,37 (0,35)	0,48 (0,28)
0,49 (0,33)	0,47 (0,34)	0,55 (0,22)
0,35 (0,32)	0,36 (0,34)	0,39 (0,30)
0,36 (0,32)	0,46 (0,31)	0,44 (0,31)
0,37 (0,33)	0,49 (0,33)	0,45 (0,28)
0,38 (0,35)	0,38 (0,32)	0,37 (0,26)
0,43 (0,32)	0,45 (0,33)	0,34 (0,21)
0,33 (0,35)	0,27 (0,29)	0,46 (0,24)
0,33 (0,34)	0,44 (0,35)	0,44 (0,27)
	0,36 (0,33)	0,42 (0,32)
	0,42 (0,31)	
	0,39 (0,29)	

Tabelle 25: Übersicht über die Indizes der Itemschwierigkeiten der Verfahrensform Simultankapazität getrennt nach Aufgabentyp (Typ 1: Fallendes Objekt; Typ 2: Akustische Aufgabe; Typ 3: Logische Aufgabe; SD = Standardabweichung)

E Trennschärfe

E.1 Auge-Hand-Koordination

Itemnummer	Trennschärfekoeffizient	Itemnummer	Trennschärfekoeffizient
1	0,40	13	0,74
2	0,78	14	0,70
3	0,78	15	0,80
4	0,68	16	0,60
5	0,58	17	0,63
6	0,59	18	0,56
7	0,66	19	0,62
8	0,72	20	0,77
9	0,69	21	0,70
10	0,78	22	0,50
11	0,43	23	0,63
12	0,62		

Tabelle 26: Auflistung der korrigierten Trennschärfekoeffizienten der Verfahrensform Auge-Hand-Koordination

E.2 Simultankapazität

Typ 1: Trennschärfekoeffizient	Typ 2: Trennschärfekoeffizient	Typ 3: Trennschärfekoeffizient
0,38	0,31	0,51
0,25	0,27	0,57
0,17	0,15	0,33
0,16	0,24	0,44
0,29	0,34	0,45
0,41	0,27	0,30
0,23	0,23	0,54
0,36	-0,02	0,51
0,26	0,29	0,48
0,29	0,26	0,43
-0,03	0,30	0,36
0,14	0,10	0,40
0,22	0,15	0,39
0,34	-0,09	0,49
0,36	0,24	0,26
0,15	-0,03	0,63
0,18	0,06	0,41
	-0,10	0,40
	-0,09	
	-0,23	
MW:	0,24	0,13
		0,44

Tabelle 27: Übersicht über die Trennschärfekoeffizienten der Verfahrensform Simultankapazität getrennt nach Aufgabentyp (Typ 1: Fallendes Objekt; Typ 2: Akustische Aufgabe; Typ 3: Logische Aufgabe; MW = Mittelwert)

F Normtabellen

Anmerkung: Die Normtabellen wurden aufgrund der besseren Verwertbarkeit der Ausgabe (Grafik vs. Text) mit dem Statistikprogramm R erstellt (Siehe Abschnitt 12.1).

F.1 Auge-Hand-Koordination

F.1.1 Hauptkennwert Auge-Hand-Koordination

Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR
59,81	1	83,21	27	85,93	53	87,59	77
64,49	2	83,30	28	85,97	54	87,65	78
70,07	3	83,31	29	86,05	55	87,66	80
71,13	4	83,37	30	86,10	56	87,76	81
72,86	5	83,38	31	86,15	57	87,88	82
73,73	6	83,73	32	86,25	58	88,03	83
74,29	8	83,74	33	86,27	59	88,17	84
75,70	9	83,81	34	86,40	60	88,32	85
76,87	10	84,04	35	86,48	61	88,36	86
77,33	11	84,10	37	86,53	62	88,42	87
79,93	12	84,18	38	86,64	63	88,51	88
80,28	13	84,19	39	86,69	65	88,72	89
80,99	14	84,58	40	86,76	66	88,79	90
81,28	16	84,62	41	86,82	67	88,84	91
81,42	17	84,84	43	86,96	68	88,86	92
81,84	18	84,92	44	86,97	69	88,88	94
81,95	19	85,14	45	87,09	70	88,91	95
82,07	20	85,19	46	87,11	71	89,05	96
82,23	22	85,20	47	87,14	72	89,56	97
82,31	23	85,25	48	87,31	73	89,64	98
82,67	24	85,44	49	87,46	74	89,69	99
82,77	25	85,60	51	87,51	75	89,75	100
83,18	26	85,85	52	87,57	76		

Tabelle 28: Normtabelle des Hauptkennwertes Auge-Hand-Koordination (PR = Prozentrang)

F.1.2 Nebenkennwert Auge-Hand-Koordination - Zeit (AHK-Z)

Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR
29,06	1	87,63	22	92,94	48	96,78	74
59,30	2	87,72	23	93,03	49	96,86	75
60,44	3	88,07	24	93,64	51	96,87	76
61,01	4	88,77	25	94,16	52	97,04	80
61,22	5	89,28	26	94,25	53	97,21	81
66,90	6	89,55	27	94,42	54	97,29	82
68,02	8	89,72	28	94,77	56	97,30	83
68,46	9	89,81	29	95,03	58	97,47	84
68,47	10	89,98	32	95,13	59	97,56	85
72,31	11	90,07	33	95,72	60	97,73	87
72,45	12	90,77	35	95,73	61	97,74	88
76,30	13	90,94	38	95,81	62	97,82	90
78,64	14	90,95	39	95,89	63	97,91	92
80,66	15	91,11	42	95,91	66	98,26	94
83,98	16	91,38	43	96,08	67	98,43	96
84,67	17	91,46	44	96,26	69	98,69	97
85,29	18	91,99	45	96,51	70	99,13	99
86,15	19	92,03	46	96,52	71	99,39	100
86,32	20	92,59	47	96,60	73		

Tabelle 29: Normtabelle des Nebenkennwertes Auge-Hand-Koordination - Zeit (AHK-Z) (PR = Prozentrang)

F.1.3 Nebenkennwert Optimaler Radius

Rohwert	PR	Rohwert	PR
50	1	39	42
49	2	38	52
47	4	37	70
45	6	36	80
43	9	35	87
42	11	34	96
41	21	33	98
40	38	32	100

Tabelle 30: Normtabelle des Nebenkennwertes Optimaler Radius (PR = Prozentrang)

F.1.4 Nebenkennwert Optimale Geschwindigkeit

Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR
50	1	157	25	190	56	241	80
90	2	160	26	192	57	243	81
100	3	162	27	193	58	244	82
105	4	165	32	196	59	258	84
116	5	166	33	199	62	260	85
120	6	171	34	204	63	261	86
121	9	172	35	207	67	262	87
123	10	175	38	213	68	263	90
124	11	177	45	217	69	267	91
130	12	178	46	222	70	270	94
135	13	179	47	227	72	280	96
140	14	180	48	230	73	285	97
141	16	181	51	234	74	356	98
143	18	183	53	235	75	373	99
149	19	185	54	237	77		
155	24	187	55	240	78		

Tabelle 31: Normtabelle des Nebenkennwertes Optimale Geschwindigkeit (PR = Prozentrang)

F.2 Simultankapazität

F.2.1 Hauptkennwert Simultankapazität

Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR
1,55	1	52,88	27	64,06	53	74,01	78
19,59	2	53,01	28	64,66	54	74,23	80
21,44	3	53,97	29	64,80	55	75,32	81
27,55	4	54,88	30	65,62	56	75,53	82
29,37	5	55,38	31	65,72	57	75,85	83
33,03	6	55,97	32	65,79	58	75,99	84
34,86	8	56,26	33	65,99	59	76,11	85
35,69	9	56,31	34	66,96	60	76,37	86
39,99	10	56,56	35	67,38	61	76,49	87
40,62	11	56,79	37	67,89	62	76,57	88
40,93	12	57,58	38	68,11	63	76,65	89
42,03	13	57,78	39	68,56	65	76,83	90
42,25	14	58,01	40	68,62	66	77,76	91
43,04	15	59,79	41	68,83	67	78,04	92
43,79	16	61,29	42	68,95	68	78,10	94
44,18	17	61,54	43	69,45	69	78,56	95
44,21	18	62,01	44	69,49	70	80,32	96
44,42	19	62,25	45	70,20	71	80,34	97
45,30	20	62,31	46	70,52	72	80,59	98
49,14	22	62,64	47	70,84	73	81,51	99
51,84	23	62,76	48	71,65	74	83,63	100
52,61	24	63,86	49	71,85	75		
52,80	25	63,93	51	72,15	76		
52,84	26	63,95	52	72,67	77		

Tabelle 32: Normtabelle des Hauptkennwertes Simultankapazität (PR = Prozentrang)

F.2.2 Nebenkennwert Reaktionszeit Allgemein (RZA)

Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR
3,18	1	2,39	19	2,18	54	2,00	81
2,87	2	2,38	23	2,17	56	1,97	83
2,74	3	2,32	26	2,16	58	1,96	84
2,65	4	2,31	27	2,15	61	1,95	85
2,54	5	2,30	29	2,13	63	1,92	87
2,53	8	2,29	30	2,12	66	1,89	88
2,52	9	2,28	32	2,11	68	1,85	89
2,51	10	2,27	35	2,10	71	1,83	90
2,48	11	2,26	37	2,08	72	1,82	91
2,47	12	2,25	39	2,05	73	1,80	92
2,45	13	2,24	41	2,04	74	1,79	95
2,44	14	2,22	44	2,03	75	1,71	96
2,42	15	2,20	45	2,02	76	1,68	97
2,41	17	2,19	51	2,01	77		

Tabelle 33: Normtabelle des Nebenkennwertes Reaktionszeit Allgemein (RZA) (PR = Prozentrang)

F.2.3 Nebenkennwert Reaktionszeit Spezifisch (RZS) - Visuell

Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR
1,67	1	0,79	13	0,62	47	0,51	84
1,31	2	0,76	14	0,61	51	0,50	86
1,26	3	0,73	15	0,60	53	0,49	88
1,10	4	0,72	19	0,59	55	0,48	89
1,05	5	0,71	22	0,58	56	0,45	92
1,02	6	0,70	30	0,57	63	0,41	94
1,01	8	0,69	32	0,56	71	0,39	95
0,88	9	0,68	37	0,55	73	0,38	96
0,86	10	0,67	39	0,54	74	0,14	97
0,84	11	0,65	40	0,53	78	0,09	98
0,81	12	0,63	45	0,52	82		

Tabelle 34: Normtabelle des Nebenkennwertes Reaktionszeit Spezifisch (RZS) - Visuell (PR = Prozentrang)

F.2.4 Nebenkennwert Reaktionszeit Spezifisch (RZS) - Akustisch

Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR
2,21	1	1,21	15	1,00	46	0,83	73
1,89	2	1,15	16	0,98	48	0,80	80
1,77	3	1,13	17	0,97	52	0,78	81
1,62	4	1,12	20	0,96	54	0,77	84
1,59	5	1,11	22	0,95	55	0,76	85
1,51	6	1,10	24	0,94	57	0,75	88
1,42	8	1,09	27	0,93	58	0,74	89
1,37	9	1,06	29	0,92	61	0,72	90
1,32	10	1,05	32	0,91	65	0,70	91
1,31	11	1,04	34	0,90	66	0,68	94
1,30	12	1,03	37	0,89	68	0,67	97
1,28	13	1,02	39	0,87	70	0,66	98
1,22	14	1,01	41	0,86	72	0,65	100

Tabelle 35: Normtabelle des Nebenkennwertes Reaktionszeit Spezifisch (RZS) - Akustisch (PR = Prozentrang)

F.2.5 Nebenkennwert Reaktionszeit Spezifisch (RZS) - Logisch

Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR
6,22	1	5,40	26	4,97	54	4,56	80
6,03	2	5,37	28	4,90	55	4,53	81
5,90	3	5,31	29	4,89	56	4,49	82
5,81	4	5,30	30	4,88	57	4,45	83
5,79	5	5,29	32	4,87	58	4,44	84
5,78	6	5,28	33	4,84	59	4,42	85
5,76	8	5,27	34	4,83	60	4,38	86
5,72	9	5,22	35	4,82	61	4,37	87
5,69	10	5,21	37	4,81	63	4,33	88
5,62	11	5,20	39	4,80	65	4,26	89
5,61	12	5,18	41	4,79	66	4,17	90
5,59	13	5,15	42	4,78	67	4,14	91
5,57	14	5,14	43	4,76	68	4,10	92
5,56	15	5,13	44	4,75	69	4,09	94
5,54	16	5,12	45	4,74	70	3,91	95
5,50	17	5,09	46	4,73	72	3,84	96
5,49	18	5,08	47	4,71	73	3,75	97
5,46	19	5,03	49	4,70	74	3,68	98
5,43	20	5,01	51	4,66	76	3,66	99
5,42	22	5,00	52	4,60	77		
5,41	24	4,99	53	4,59	78		

Tabelle 36: Normtabelle des Nebenkennwertes Reaktionszeit Spezifisch (RZS) - Logisch (PR = Prozentrang)

F.2.6 Nebenkennwert Fehlerprozent Allgemein (FPA)

Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR
69,29	1	28,08	26	19,35	52	10,61	77
67,25	2	27,62	27	18,98	53	10,48	78
55,07	3	26,52	28	18,73	54	10,46	80
53,81	4	26,44	29	18,71	55	9,54	81
49,42	5	26,08	30	18,32	56	9,27	83
49,07	6	26,07	31	17,90	57	8,77	84
49,00	8	25,62	32	17,42	59	8,65	85
48,15	9	25,31	33	16,77	60	8,52	86
46,62	10	25,27	34	16,31	61	8,29	87
43,74	11	25,23	35	16,02	62	8,23	88
42,38	12	24,80	37	15,69	63	8,15	89
40,11	13	24,64	38	15,21	65	8,02	90
40,06	14	24,52	40	14,48	66	7,04	91
37,96	15	23,73	41	14,33	67	6,56	92
35,23	16	21,98	42	14,11	68	6,23	94
34,73	17	21,73	43	14,04	69	6,10	95
34,38	18	21,62	44	13,35	70	5,88	96
33,77	19	21,54	45	13,13	71	5,46	97
33,52	20	21,21	46	12,50	72	4,60	98
30,42	22	20,65	47	11,77	73	3,69	99
30,35	23	20,38	48	11,75	74	3,56	100
30,14	24	19,81	49	10,79	75		
29,69	25	19,44	51	10,71	76		

Tabelle 37: Normtabelle des Nebenkennwertes Fehlerprozent Allgemein (FPA) (PR = Prozentrang)

F.2.7 Nebenkennwert Fehlerprozent Spezifisch (FPS) - Visuell

Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR
72,63	1	24,73	26	15,63	51	8,12	75
56,79	2	24,47	27	15,38	52	7,75	76
52,88	3	23,85	28	14,99	53	7,16	77
52,13	4	23,70	29	14,87	54	6,75	78
51,76	5	23,22	30	14,57	55	6,46	80
50,78	6	22,52	31	13,56	56	6,31	81
41,79	8	22,34	32	13,24	57	5,93	82
41,63	9	21,43	33	13,15	58	5,88	83
40,06	10	21,41	34	13,08	59	5,43	84
38,20	11	21,39	35	12,91	60	5,21	86
37,56	12	21,19	37	11,73	61	5,20	87
37,20	13	20,99	38	11,57	62	4,99	88
37,12	14	20,35	39	11,35	63	4,82	89
36,03	15	20,12	40	10,99	65	4,30	90
35,54	16	18,95	41	10,93	66	4,15	92
32,15	17	18,24	42	10,69	67	4,09	94
30,57	18	18,20	43	10,53	68	3,81	95
30,14	19	17,59	44	9,94	69	3,64	96
29,71	20	17,38	45	9,77	70	3,29	97
29,00	22	17,02	46	9,61	71	3,25	98
26,68	23	17,00	47	9,55	72	3,04	99
26,54	24	16,90	48	9,23	73	3,02	100
26,36	25	16,83	49	8,36	74		

Tabelle 38: Normtabelle des Nebenkennwertes Fehlerprozent Spezifisch (FPS) - Visuell (PR = Prozentrang)

F.2.8 Nebenkennwert Fehlerprozent Spezifisch (FPS) - Akustisch

Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR
65,39	1	18,18	26	10,04	51	5,57	75
61,06	2	17,77	27	9,98	52	5,23	76
52,23	3	17,32	28	9,67	53	5,19	77
41,74	4	16,70	29	9,62	54	5,14	78
41,10	5	15,32	30	9,57	55	5,11	80
41,00	6	14,82	31	9,09	56	5,09	81
40,63	8	14,79	32	8,71	57	5,04	82
38,64	9	14,59	33	8,54	58	4,78	83
37,55	10	14,56	34	8,53	59	4,75	84
36,89	11	14,47	35	7,88	60	4,69	85
35,60	12	14,34	37	7,86	61	4,67	86
32,80	13	14,29	38	7,84	62	4,62	87
26,09	14	13,02	39	7,34	63	4,36	88
25,05	15	12,36	40	7,07	65	3,93	89
24,81	16	12,22	41	6,98	66	3,19	90
24,80	17	12,16	42	6,96	67	2,85	92
23,17	18	11,79	43	6,71	68	2,40	94
23,00	19	11,26	44	6,62	69	2,39	95
22,91	20	11,20	45	6,58	70	2,24	96
21,66	22	11,15	46	6,36	71	2,02	97
21,41	23	10,54	47	6,29	72	2,01	98
19,74	24	10,35	48	6,22	73	1,36	99
18,72	25	10,34	49	6,00	74	1,00	100

Tabelle 39: Normtabelle des Nebenkennwertes Fehlerprozent Spezifisch (FPS) - Akustisch (PR = Prozentrang)

F.2.9 Nebenkennwert Fehlerprozent Spezifisch (FPS) - Logisch

Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR
81,84	1	54,68	26	41,06	51	26,93	75
81,50	2	53,72	27	40,60	52	26,50	76
78,82	3	53,45	28	40,49	53	26,49	77
76,25	4	52,91	29	39,79	54	26,48	78
75,61	5	52,84	30	38,08	55	26,20	80
73,38	6	50,29	31	37,49	56	26,04	81
70,64	8	50,12	32	37,24	57	25,43	82
70,35	9	50,06	33	36,70	58	23,41	83
68,55	10	49,83	34	36,08	59	23,29	84
68,30	11	47,43	35	36,04	60	23,18	85
67,73	12	47,38	37	35,28	61	22,94	86
66,29	13	47,23	38	34,03	62	22,22	88
64,50	14	46,59	39	33,45	63	20,67	89
63,67	15	46,13	40	33,33	65	16,89	90
61,50	16	45,59	41	32,34	66	16,70	91
60,67	17	45,05	42	31,68	67	16,19	92
59,86	18	44,72	43	31,20	68	13,02	94
58,10	19	43,71	44	29,34	69	12,74	95
56,34	20	42,77	45	29,15	70	11,68	96
56,26	22	42,43	46	28,66	71	10,96	97
55,85	23	42,32	47	28,04	72	7,51	98
55,69	24	42,10	48	27,73	73	7,29	99
55,63	25	41,61	49	27,46	74	7,18	100

Tabelle 40: Normtabelle des Nebenkennwertes Fehlerprozent Spezifisch (FPS) - Logisch (PR = Prozentrang)

F.2.10 Nebenkennwert Itemlösungen Allgemein (ILA)

Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR	Rohwert	PR
20	1	35	12	43	27	51	70
24	2	36	14	45	32	52	82
26	3	37	15	46	38	53	88
27	4	38	17	47	43	54	97
28	5	40	19	48	53	55	99
31	10	41	22	49	58	56	100
33	11	42	24	50	65		

Tabelle 41: Normtabelle des Nebenkennwertes Itemlösungen Allgemein (ILA)(PR = Prozentrang)

F.2.11 Nebenkennwerte Itemlösungen Spezifisch (ILS)

Rohwert	PR
0	2
1	5
3	8
5	10
7	13
8	14
9	15
10	16
11	17
12	19
14	23
15	26
16	55
17	100

Tabelle 42: Normtabelle des Nebenkennwertes Itemlösungen Spezifisch (ILS) - Visuell (PR = Prozentrang)

Rohwert	PR
5	1
7	2
12	4
16	6
17	8
19	16
20	47
21	100

Tabelle 43: Normtabelle des Nebenkennwertes Itemlösungen Spezifisch (ILS) - Akustisch (PR = Prozentrang)

Rohwert	PR
0	1
3	2
4	5
5	6
6	12
7	15
8	17
9	23
10	34
11	42
12	52
13	59
14	67
15	83
16	92
17	98
18	100

Tabelle 44: Normtabelle des Nebenkennwertes Itemlösungen Spezifisch (ILS) - Logisch (PR = Prozentrang)

Autorenverzeichnis

- Abrams, R., 4–7, 76
Adi-Japha, E., 12, 76
Amelang, M., 66, 67, 76
- Backstrom, A., 8, 77
Ballas, J. A., 13, 77
Bauer, H., 51, 62, 67, 71, 76
Bauer, W., 39, 79
Becic, E., 76
Bekkering, H., 6, 7, 78
Benesch, H., 4, 76
Bherer, L., 18, 76
Birbaumer, N., 3, 16, 76
Bobrow, D., 40, 78
Borland GmbH., 23, 74, 76
Bortz, J., 63–65, 76
Bratfisch, O., 12, 51, 62, 67, 71, 76
Brenner, E., 9, 78
- Campbell, D., 67, 76
Carlton, L., 5, 76
Cerella, J., 18, 79
Colcombe, S., 76
Crawford, J. D., 4, 7, 8, 76, 77
- Dassonville, P., 9, 78
Day, R., 12, 78
Della Sala, S., 19, 77
Dilling, H., 52, 76
Dorfberger, S., 12, 76
Döring, N., 63–65, 76
- Eberhardt, G., 39, 79
Echallier, J., 5–7, 78
Elliott, D., 8, 77
Erickson, K., 76
- Filgueiras, C., 12, 79
Fischer, R., 18, 79
Fiske, D., 67, 76
Flanagan, J., 8, 77
- Flanders, M., 11, 78
Formann, A., 32, 76
Furtner, M., 3, 7, 8, 76
- Galanter, E., 4, 78
Gauthier, G., 7, 79
Georgopoulos, A., 9, 78
Gielen, C., 7, 77
Goodale, M., 5, 79
Guan, J., 11, 76
Guttman, G., 51, 76
- Hagman, E., 12, 51, 62, 67, 71, 76
Hartley, A., 18, 77
Hasella, M., 32, 77
Hayhoe, M., 3, 78
Helsen, W., 8, 77
Henriques, D., 7, 8, 77
Hossiep, R., 32, 77
- Internet Archive Copyright Agent, 23,
77
- Jeannerod, M., 5–7, 78
Johansson, R., 8, 77
Jung, R., 3, 77
JVCL Team, 23, 77
- Karni, A., 12, 76
Kaschel, R., 19, 34, 75, 77
Kaufmann, H., 3, 77
Kazén, M., 19, 77
Kelava, A., 72, 78
Kiefer, J., 12–14, 77
Kieras, D. E., 13, 77
Kimura, D., 12, 78
Klier, E., 8, 77
Komilis, E., 5–7, 78
Kornblum, S., 4, 76
Krahe, T., 12, 79
Kramer, A., 76

- Kubinger, K. D., 58, 68–70, 77
- Lauber, E. J., 13, 77
- Lee, D., 9, 10, 77, 78
- Lee, F., 12, 77
- Leodolter, M., 51, 76
- Leodolter, U., 51, 76
- Light, K., 11, 78
- Loeber, R., 3, 78
- Logie, R., 19, 77
- Lowy, D., 8, 77
- Lussanet, M. de, 9, 78
- Magenes, G., 7, 79
- Marotta, J. J., 4, 76
- McKinney, A., 23, 78
- Medendorp, W. P., 4, 7, 76, 77
- Meyer, D., 4, 76
- Meyer, D. E., 13, 77
- Miller, G. A., 4, 78
- Mittring, G., 31, 78
- Moder, K., 58, 77
- Moosbrugger, H., 72, 78
- Mrotek, L., 9–11, 39, 78
- Neggens, S., 6, 7, 78
- Neuwirth, W., 39, 79
- Nicholson, K., 12, 78
- Norman, D., 40, 78
- Oder, W., 12, 78
- Oliveira, R., 12, 79
- Parker, S., 12, 79
- Pélisson, D., 5, 79
- Pelz, J., 3, 78
- Peters, M., 12, 78
- Peterson, M., 76
- Piswanger, K., 32, 76
- Port, N., 9, 10, 78
- Prablanc, C., 5–7, 78, 79
- Pribram, K., 4, 78
- Prieler, J., 39, 79
- Pusswald, G., 12, 79
- Rasch, D., 58, 77
- Ricker, K., 8, 77
- Rost, D., 31, 78
- Ruff, R., 12, 79
- Sachse, P., 3, 7, 8, 76
- Salvucci, D., 12, 13, 79
- Schilling, F., 72, 79
- Schmidt, R., 3, 16, 76
- Schmidt, S., 12, 79
- Schmidt-Atzert, L., 66, 67, 76
- Schubert, T., 18, 79
- Schufried, G., 39, 79
- Schuhfried, G., 39, 79
- Servos, P., 12, 78
- Sliwinski, M., 18, 79
- Smeets, J., 9, 78
- Smith, M., 8, 77
- Soechting, J., 9–11, 39, 78
- Starkes, J., 8, 77
- Steitz, D., 18, 79
- Stelzel, C., 18, 79
- Taatgen, N., 12, 77
- Turck, D., 32, 77
- Urbas, L., 12–14, 77
- Vass, K., 12, 79
- Vercher, J., 7, 79
- Verhaeghen, P., 18, 19, 79
- Wade, M., 11, 76
- Westling, G., 8, 77
- Wickens, C., 14–17, 79
- Worzer, W., 12, 78

Abbildungsverzeichnis

1	Dreidimensionale Repräsentation der Struktur multipler Ressourcen	15
2	Repräsentationen der Verarbeitung	15
3	Fenster zur Eingabe von Benutzerinformationen	24
4	Zielobjekt Schmetterling	28
5	Netz inklusive Schmetterling (regelkonformes Verhalten)	28
6	Netz inklusive Schmetterling (Regelverstoß)	28
7	Fallendes Symbol im Ursprungszustand	29
8	Fallendes Symbol im geänderten Zustand	29
9	Fallendes Symbol im Endzustand	29
10	Beispiel für visuellen Reiz	29
11	Beispiel für logisch-motorische Aufgabe (Phase 1)	30
12	Beispiel für logisch-motorische Aufgabe (Phase 2)	30
13	Beispiel für logisch-motorische Aufgabe (Phase 3)	30
14	Illustration der Trennung der Aufgaben und der Zuordnung zu Items in der Verfahrensform Simultankapazität	31
15	SPSS-Ausgabe zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten zwi- schen Position des Attraktors und Auftrittswahrscheinlichkeit	33
16	Illustration der Berechnung der Abweichung	42
17	Illustration der Berechnung einer Regelverletzung	44
18	Informationsmeldung über die Sichtbarkeit der Instruktion	88
19	Informationsfenster zu Beginn des Übungsmodus	88
20	Informationsmeldung über die Beendigung der Testung	88
21	Informationsmeldung über die wichtigsten Kennwerte der Auge-Hand- Koordinationsfähigkeitsmessung des Übungsmodus	88
22	Fenster zur Auswahl der Verfahrensform	89
23	Fenster zur Auswahl des Übungsmodus	89
24	Informationsmeldung über die Beendigung der Phase 1	89
25	Informationsmeldung über die Beendigung der Phase 2	89
26	SPSS-Ausgabe zur Häufigkeitsverteilung (Histogramm mit Normalver- teilungskurve) des Kennwertes Auge-Hand-Koordination (AHK)	90
27	SPSS-Ausgabe zur Häufigkeitsverteilung (Histogramm mit Normalver- teilungskurve) des Kennwertes Simultankapazität (SIKA)	90
28	SPSS-Ausgabe: Mittelwertdiagramm des Kennwertes Auge-Hand- Koordinationsfähigkeit (AHK) in den unterschiedlichen Stichproben	91
29	SPSS-Ausgabe: Mittelwertdiagramm des Kennwertes Simultankapa- zität (SIKA) in den unterschiedlichen Stichproben	91
30	SPSS-Ausgabe zur Reliabilitätsanalyse des Hauptkennwertes AHK (Verfahrensform Auge-Hand-Koordination)	92
31	SPSS-Ausgabe zur Reliabilitätsanalyse des Nebenkennwertes AHK-Z (Verfahrensform Auge-Hand-Koordination)	92

32	SPSS-Ausgabe zur Reliabilitätsanalyse des Hauptkennwertes SIKa (Verfahrensform Simultankapazität)	93
33	SPSS-Ausgabe zur Reliabilitätsanalyse des Kennwertes Mittlere Nähe (Verfahrensform Simultankapazität)	93
34	SPSS-Ausgabe zur Reliabilitätsanalyse des Kennwertes Konstanz (Verfahrensform Simultankapazität)	94
35	SPSS-Ausgabe zur Prüfung auf Normalverteilung des Hauptkennwertes der Verfahrensform Auge-Hand-Koordination	94
36	SPSS-Ausgabe zur Prüfung auf Normalverteilung des Hauptkennwertes der Verfahrensform Simultankapazität	95

Tabellenverzeichnis

1	Phasen der Verfahrensform Auge-Hand-Koordination	26
2	Phasen der Verfahrensform Simultankapazität	27
3	Auftrittswahrscheinlichkeiten des Attraktors an einer Position in der Reihe der Distraktoren in aufsteigender Reihenfolge hinsichtlich der Auftrittswahrscheinlichkeit ohne Bezug auf die jeweilige Position . . .	32
4	Tabelle mit Beispielberechnungen einer adaptiven Geschwindigkeitsanpassung	36
5	Tabelle mit Beispielberechnungen einer adaptiven Kreisgrößenanpassung	37
6	Tabelle zur Illustrierung der Feststellung der "optimalen" Geschwindigkeit	38
7	Tabelle zur Illustrierung der Feststellung des "optimalen" Radius . . .	39
8	Übersicht über die Datenerhebung im Krankenhaus Waiern	52
9	Deskriptive Statistik der teilnehmenden Personen an der Datenerhebung der Selbsthilfegruppe Schädel-Hirn-Trauma	54
10	Auflistung der deskriptivstatistischen Kennwerte der Verfahrenskennwerte	54
11	Übersicht über die asymptotischen Signifikanzen und die Z-Werte des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests	55
12	Interkorrelationen der Verfahrenskennwerte für die Verfahrensform Auge-Hand-Koordination	55
13	Interkorrelationen der Verfahrenskennwerte für die Verfahrensform Simultankapazität	55
14	Korrelationskoeffizienten der Hauptkennwerte mit der Computererfahrung	56
15	Auflistung der Anzahl der Personen mit der jeweiligen Händigkeit sowie der Mittelwerte (MW) und der Standardabweichung (SD) der beiden Hauptkennwerte	56
16	Auflistung der Kennwerte der Mittelwertsvergleiche hinsichtlich der Händigkeit	57
17	Korrelationen des Alters mit Kennwerten	58
18	Ergebnisübersicht der Welch-Tests der verschiedenen Kennwerte hinsichtlich der Mittelwertsvergleiche der beiden Geschlechter	59
19	Auflistung der Mittelwerte und Standardabweichungen im Kennwert Auge-Hand-Koordination in den jeweiligen Stichproben	60
20	Auflistung der Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests zur Prüfung auf Normalverteilung des Index Simultankapazität in verschiedenen Stichproben	61
21	Auflistung der Mittelwerte und Standardabweichungen im Kennwert Simultankapazität in den jeweiligen Stichproben	61
22	Auflistung der Korrelationskoeffizienten der jeweiligen Verfahrensform mit dem Außenkriterium	62

23	Auflistung der Reliabilitätskennwerte (Cronbach-Alpha) der unterschiedlichen Kennwerte	66
24	Auflistung der Itemschwierigkeitsindizes der Verfahrensform Auge-Hand-Koordination	96
25	Übersicht über die Indizes der Itemschwierigkeiten der Verfahrensform Simultankapazität getrennt nach Aufgabentyp	97
26	Auflistung der korrigierten Trennschärfekoeffizienten der Verfahrensform Auge-Hand-Koordination	98
27	Übersicht über die Trennschärfekoeffizienten der Verfahrensform Simultankapazität getrennt nach Aufgabentyp	99
28	Normtabelle des Hauptkennwertes Auge-Hand-Koordination	100
29	Normtabelle des Nebenkennwertes Auge-Hand-Koordination - Zeit (AHK-Z)	101
30	Normtabelle des Nebenkennwertes Optimaler Radius	101
31	Normtabelle des Nebenkennwertes Optimale Geschwindigkeit	102
32	Normtabelle des Hauptkennwertes Simultankapazität	103
33	Normtabelle des Nebenkennwertes Reaktionszeit Allgemein (RZA)	104
34	Normtabelle des Nebenkennwertes Reaktionszeit Spezifisch (RZS) - Visuell	104
35	Normtabelle des Nebenkennwertes Reaktionszeit Spezifisch (RZS) - Akustisch	105
36	Normtabelle des Nebenkennwertes Reaktionszeit Spezifisch (RZS) - Logisch	106
37	Normtabelle des Nebenkennwertes Fehlerprozent Allgemein (FPA)	107
38	Normtabelle des Nebenkennwertes Fehlerprozent Spezifisch (FPS) - Visuell	108
39	Normtabelle des Nebenkennwertes Fehlerprozent Spezifisch (FPS) - Akustisch	109
40	Normtabelle des Nebenkennwertes Fehlerprozent Spezifisch (FPS) - Logisch	110
41	Normtabelle des Nebenkennwertes Itemlösungen Allgemein (ILA)	110
42	Normtabelle des Nebenkennwertes Itemlösungen Spezifisch (ILS) - Visuell	111
43	Normtabelle des Nebenkennwertes Itemlösungen Spezifisch (ILS) - Akustisch	111
44	Normtabelle des Nebenkennwertes Itemlösungen Spezifisch (ILS) - Logisch	111

G Lebenslauf

Roland Enzinger

Daten

geboren 05.12.1982
Geburtsort Zeltweg

Schullaufbahn

1987–1992 **Volksschule**, Zeltweg.
1992–1997 **BG / BRG**, Judenburg.
1997–2002 **HTBLA**, Kaindorf a. d. Sulm, Abteilung EDV und Organisation.
Diplomarbeit: Branchensoftware AIS (Arbeitsinformationssystem) für Malerbetriebe; Auftraggeber Fa. Malermeister Werner Kahr, Graz

Zivildienst

2002–2003 **Therapeutische Wohngemeinschaft für Kinder und Jugendliche**.
Beratungszentrum Judenburg

Studium

seit 2005 **Diplomstudium Psychologie**, *Universität Wien*, Spezialisierung: Fachbereich Psychologische Diagnostik.
2010–2011 **Auslandssemester, Psychologie (Master)**, *Université du Luxembourg*, Master in Psychology: Evaluation and Assessment.

Berufliche Erfahrungen

Informatik

2003–2004 **Softwareentwickler / Webdesigner**, *Crafty Studios GmbH*, Wien.
Freiberuflicher Entwickler von Online-Anwendungen und Online-Spielen.
Kenntnisse: HTML, PHP, MySQL, JavaScript, CMS CoMa, Cascading Stylesheets (CSS).
2004–2010 **Softwareentwickler / Programmierer**, *ACP Business Solutions GmbH*, Wien.
Mitentwicklung von Branchensoftware aus der Xpert-Familie (jurXpert, notarXpert)
Branchensoftware für Anwälte, Notare und Rechtsabteilungen
Kenntnisse: Delphi, MS Visual Studio - C#, Interbase/Firebird, MSSQL Server, Anbindung und Steuerung von Telefonanlagen (TAPI-Programmierung); Mailsynchronisierung und MS-Exchangeanbindung (u.a. MAPI- Programmierung), Anbindung von Office-Produkten (OLE-Programmierung)

Psychologie

- 2009 **Praktikum**, *Verlagsgruppe Hogrefe Austria, Wien.*
6-wöchiges Praktikum; praktischer Erfahrungsgewinn in Testleiterfunktion, Testanwendung, Einschulung und Beratung
- 2011 **Testleiter**, *Krankenhaus der Diakonie Kärnten, Waiern.*
Testleitertätigkeit bei einer Validierungsstudie zur Diplomarbeit

Sprachen

Deutsch	Muttersprache	
Englisch	Maturaniveau	<i>Cambridge First Certificate, Auffrischung während Auslandssemester</i>
Französisch	Grundkenntnisse	<i>Auslandssemester; Niveau A.1.2</i>
Spanisch	Grundkenntnisse	

Computer Skills

Office Pakete	MS-Office, Open Office	Programmieren	Delphi, C#, C/C++, Java, Visual Basic, PHP, JavaScript, HTML, CSS
Textsatz	L ^A T _E X, BibTex	Betriebssysteme	Linux (Ubuntu), Microsoft Windows
Statistik	SPSS, R	Versionskontrolle	CVS, Subversion

Erfahrungen und Qualifikationen

Biofeedback	4-tägige Ausbildung zum Biofeedback-Trainer, Institut für Leistungsmanagement und International-PcE-Network
Hypnose	3-tägiges Ausbildungsseminar PcE Hypnose-Selbsthypnose, Institut für Leistungsmanagement und International-PcE-Network
Ingenieur	Standesbezeichnung Ingenieur (Ing.)
Schulsprecher	1-jährige Tätigkeit als Schulsprecher, HTBLA Kaindorf a. d. Sulm
Verbesserungen	Unentgeltliche technische Verbesserungen im elektronischen Fahrtenbuchsystem des Frühfördervereins VIDEF Graz
Abwicklung	Technische Abwicklung von Online-Fragebogenstudien für eine Diplomarbeit und eine Dissertation in Publizistik
Auswertung	Erstellung eines mehrstufigen Auswertungstools (Excel-Addin) für Exportdateien des Hogrefe-Testsystems (HTS) inklusive Konfigurationsmöglichkeiten, Rangreihung und Prozentrangerrechnung
Zertifikat	Cambridge First Certificate